

Historic, Archive Document

Do not assume content reflects current scientific knowledge, policies, or practices.

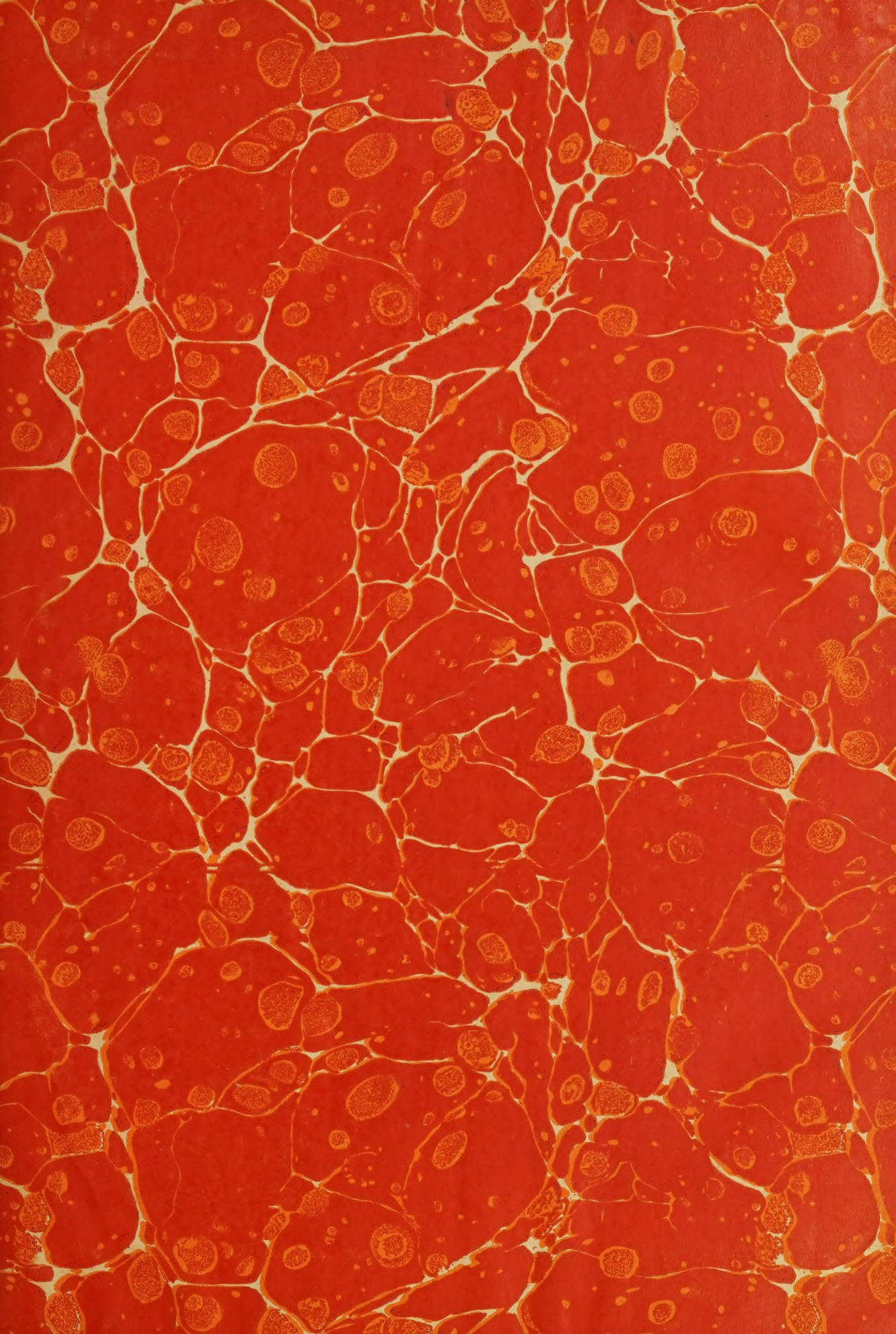
LIBRARY
OF THE
UNITED STATES
DEPARTMENT OF AGRICULTURE

Class 474

Book N213

8-1577

v. 9



Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte
der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben

von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Neunter Jahrgang 1921



BERLIN
Verlag von Julius Springer
1921

Allgemeines.

- Becher, Erich, Zur Erinnerung an B. Erdmann. S. 519.
 Bleuler, E., Körperliche und geistige Konstitutionen. S. 753.
 Brandt, B., Der Bevölkerungsrückgang in Nordfrankreich und seine geographischen Begleiterscheinungen. S. 471.
 Bühler, K., Der Ursprung des Intellektes. S. 144.
 Elze, C., Die programmatische Bedeutung einer neuen Anatomie des Menschen. S. 872.
 Glum, F., Zehn Jahre Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. S. 293.
 Goldstein, E., Helmholtz. Erinnerungen eines Laboratoriumspraktikanten. S. 708.
 Haschek, Ed., und Karl F. Herzfeld. Ein Beitrag zur physikalischen Erklärung des Wünschelrutenproblems. S. 1029.
 Hofmann, F. B., Die physiologischen Grundlagen der Bewußtseinsvorgänge. S. 165.
 Pütter, A., Die ältesten Menschen. S. 875.
 Riehl, A., Helmholtz als Erkenntnistheoretiker. S. 702.
 Rüßner, Max, Die Lage der Ernährungswissenschaft in Deutschland. S. 340.
 Rüdin, Ernst, Familienforschung und Psychiatrie. S. 713.
 Schottky, W., Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt. S. 492, 506.
 Timerding, H. E., Zum ersten Bande der Gesamtausgabe von Felix Kleins wissenschaftlicher Abhandlungen. S. 897.
 Voß, Hermann von, Oswald Spenglers „Untergang des Abendlandes“ und seine Stellungnahme zum Darwinismus. S. 756.

Biologisches.

Allgemeine Biologie.

- Abderhalden, Emil, Im physiologischen Institute der Universität Halle a. S. mit Mitteln der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften unternommene Untersuchungen. S. 301.
 Armbruster, Ludwig, Über Werkzeuggebrauch bei Tieren. S. 303.
 Asher, Leon, Die Bedeutung innerer Sekrete für die Formbildung beim Menschen. S. 257.
 Borst, Max, Geschwülste. S. 819.
 Braunn, Fritz, Die Geselligkeit der Vögel im Verhältnis zu ihrem Triebleben. S. 213.
 — Über die Verschiedenheit der Individualität bei den Angehörigen derselben Vogelarten. S. 365.
 Bühler, H., Der Ursprung des Intellektes. S. 144.
 Correns, C., Der Einfluß des Alterns der Keimzellen auf das Zahlenverhältnis spaltender Bastarde. S. 313.
 Ebbecke, U., Gefäßreflexe. S. 439.
 — Die Regulierung der Blutverteilung in den Kapillaren. S. 629.
 Elze, C., Betrachtungen über Boeke's „Studium zur Nervenregeneration“, zugleich eine Kritik des Bell-Magendieschen Gesetzes. S. 487.
 Fischel, Alfred, Über umgekehrte Entwicklung. S. 535.
 Friedemann, Ulrich, Über das d'Hérèllephänomen. S. 1010.
 Fürth, Reinhold, Über die Anwendung der Fehlerrechnung auf die Untersuchung morphologischer Unregelmäßigkeiten. S. 48.
 Goetsch, W., Experimentelle Untersuchungen über Nahrungsaufnahme, Regeneration und Fortpflanzung von Hydren. S. 610.
 Goldschmidt, Richard, Zur Entwicklungsphysiologie der Intersexualität. S. 315.
 Harms, W., Das Problem der Geschlechtsumstimmung und die sogenannte Verjüngung. S. 184.
 Hartmann, Max, Über den Ersatz der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Regeneration. ein experimenteller Beitrag zur Physiologie des Todes und der Fortpflanzung. S. 318.
 Hesse, Richard, A. Goettes Entwicklungsgeschichte der Tiere. S. 647.
 Hofmann, F. B., Die physiologischen Grundlagen der Bewußtseinsvorgänge. S. 165.
 Krumbach, Thilo, Der Ursprung der Urnieren. S. 265.
 Kühn, A., und R. Pohl, Dressurfähigkeit der Bienen auf Spektrallinien. S. 738.
 Küpfmüller, Karl, Zur Analyse der Absterbeordnung. S. 25.
 Lenz, Fr., Schlammsschichtung in Binnenseen. S. 325.
 Levy, Fritz, Neuere Untersuchungen auf dem Gebiete der Zellteilungsphysiologie. S. 105.
 Löhlein, M., Entzündung. S. 830.

- Löwenstein, Otto, Über die Bedeutung der unbewußten Ausdrucksbewegungen für die Identifizierung geistiger Vorgänge. S. 403.
 Lubarsch, O., Zur Konstitutions- und Dispositionslehre. S. 812.
 Nachtsheim, Hans, Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft. S. 844, 879.
 Pringsheim, Ernst G., Die Auslösung von Zellteilungen bei Pflanzen durch Wundreizstoffe. S. 503.
 Röbke, R., Zellentartung und Zelltod. S. 834.
 Rona, P., Die Anwendbarkeit der Fermente bei Untersuchungen über Giftwirkungen. S. 976.
 Schmitz, Karl, Werden und Wege der Pathologie. S. 803.
 Thienemann, August, Seetypen. S. 343.
 Thörner, Walther, Über den Sauerstoffstrom im tierischen Gewebe. Sauerstofforte und Reduktionsorte nach P. G. Unna. S. 225.
 Vogt, Cécile, Einige Ergebnisse unserer Neurosenforschung. S. 346.
 Warburg, Otto, Theorie der Kohlensäureassimilation. S. 354.

Botanik.

- Fitting, Hans, Das Verblühen der Blüten. S. 1.
 Herr, O., Zehnte Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege in Berlin (3. und 4. Dezember 1920). S. 68.
 Pringsheim, Ernst G., Die Auslösung von Zellteilungen bei Pflanzen durch Wundreizstoffe. S. 503.

Zoologie und Anthropologie.

- Allesch, G. J. von, Geburt und erste Lebensmonate eines Schimpansen. S. 774.
 Armbruster, Ludwig, Über Werkzeuggebrauch bei Tieren. S. 303.
 Braun, Fritz, Die Geselligkeit der Vögel im Verhältnis zu ihrem Triebleben. S. 213.
 — Über die Verschiedenheit der Individualität bei den Angehörigen derselben Vogelarten. S. 365.
 — Die Vögel der deutschen Kulturlandschaft. S. 655.
 Brennecke, W., Die von Großbritannien geplante Erforschung seines Besitzes in den subantarktischen und antarktischen Gebieten des Südatlantischen Ozeans. S. 1047.
 Breslau, E., Die experimentelle Erzeugung von Hüllen bei Infusorien als Parallele zur Membranbildung bei der künstlichen Parthenogenese. S. 57.
 Friedemann, Ulrich, Über das d'Héréllephänomen. S. 1010.
 Goetsch, W., Experimentelle Untersuchungen über Nahrungsaufnahme, Regeneration und Fortpflanzung von Hydren. S. 610.
 Hesse, Richard, A. Goettes Entwicklungsgeschichte der Tiere. S. 647.
 Kühn, A., und R. Pohl, Dressurfähigkeit der Bienen auf Spektrallinien. S. 738.
 Mollison, Th., Die Abstammung des Menschen. S. 128.
 Nachtsheim, Hans, Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft. S. 844, 879.
 Pütter, A., Der Hungertod. S. 31.
 Reichenow, Eduard, Über die Lebensweise des Gorillas und des Schimpansen. S. 73.
 Steinmann, G., Die Herkunft des Menschengeschlechts. S. 121.
 Vogel, R., Bericht über ein Gehörorgan bei Singzikaden. S. 427.
 Vogt, Oskar, Ergebnisse der Analyse gewisser Merkmale einiger Insektengattungen. S. 350.
 Voit, M., Der Mensch als primitive Tierform. S. 140.
 Voß, Hermann von, Oswald Spenglers „Untergang des Abendlandes“ und seine Stellungnahme zum Darwinismus. S. 756.
 Wille, Joh., Chlorpikrin als Schädlingsbekämpfungsmittel in seinen Wirkungen auf Tier und Pflanze. S. 41.

Medizin.

- Abderhalden, Emil, Im physiologischen Institute der Universität Halle a. S. mit Mitteln der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften unternommene Untersuchungen. S. 301.
 Bleuler, E., Körperliche und geistige Konstitutionen. S. 753.
 Boegehold, H., Treue Darstellung und Verzeichnung bei optischen Instrumenten. S. 273.
 Borst, Max, Geschwülste. S. 819.
 Ebbecke, U., Gefäßreflexe. S. 439.
 — Die Regulierung der Blutverteilung in den Kapillaren. S. 629.

- Elze, C., Betrachtungen über Boeke's „Studien zur Nervenregeneration“, zugleich eine Kritik des Bell-Magendieschen Gesetzes. S. 487.
- Die programmatische Bedeutung einer neuen Anatomie des Menschen. S. 872.
- Erggelet, H., Hermann v. Helmholtz und die Augenheilkunde. S. 967.
- Euler, H. v., Olof Hammarsten zum achtzigsten Geburtstag. S. 639.
- Jacoby, Martin, Fermentstudien. S. 588.
- Kries, Johannes von, Helmholtz als Physiolog. S. 673.
- Löhlein, M., Entzündung. S. 830.
- Löwenstein, Otto, Über die Bedeutung der unbewußten Ausdrucksbewegungen für die Identifizierung geistiger Vorgänge. S. 403.
- Lubarsch, O., Zur Konstitutions- und Dispositionslehre. S. 812.
- Meyerhof, Max, Das Trachom. S. 951, 972, 987.
- Meyerhof, Otto, Neue Versuche zur Thermodynamik der Muskelkontraktion. S. 193.
- Pfeifer, Richard Arwed, Neueste Ergebnisse auf dem Gebiete der Gehirnforschung. S. 938.
- Pütter, A., Der Hungertod. S. 31.
- Die ältesten Menschen. S. 875.
- Röbke, R., Zellentartung und Zelltod. S. 834.
- Rüdin, Ernst, Familienforschung und Psychiatrie. S. 713.
- Schade, H., Die Kolloide als Träger der Lebenserscheinungen. S. 89.
- Schmiz, Karl, Werden und Wege der Pathologie. S. 803.
- Streuli, Heinrich, Die Bedeutung der Gullstrandschen Spaltlampe für die Ophthalmologie. S. 983.

Nichtbiologisches.

Astronomie.

- Birck, Otto, Die bevorstehende internationale Astronomentagung in Potsdam. S. 609.
- Die Bedeutung der vollständigen Sonnenfinsternis im September 1922 für die Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie. S. 760.
- und E. v. d. Pahlen, Bericht über die internationale Astronomenversammlung in Potsdam. S. 839.
- Emden, R., Zeemaneffekt und Sonnenforschung. S. 916.
- Grammel, R., Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde. S. 623, 643, 660.
- Hagen, J. G., Milchstraße und Nebelstraße. S. 935.
- Kopff, A., Die Untersuchungen H. Shapleys über Sternhaufen und Milchstraßensystem. S. 769.
- Pahlen, E. v. d., Die modernen Methoden der Bestimmung von Sterndurchmessern. S. 599.
- Rosenberg, H., Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkerröhre. S. 359, 389.
- Westphal, Wilhelm, Über das Vorkommen und den Zustand der Elemente in der Atmosphäre der Sonne und der Fixsterne. S. 863.

Geographie und Meteorologie.

- Baschin, O., Der Mechanismus der Gebirgsbildung nach Albert Heim. S. 369.
- Braun, Fritz, Die Vögel der deutschen Kulturlandschaft. S. 655.
- Brennecke, W., Die von Großbritannien geplante Erforschung seines Besitzes in den sub-antarktischen und antarktischen Gebieten des Südatlantischen Ozeans. S. 1047.
- Hauser, Ernst, und Robert Oedl, Eishöhlen. S. 721.
- Nölke, Fr., Über die Entstehung der Eiszeiten. S. 850.
- Schulz, Bruno, Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane. S. 241.

Geologie und Mineralogie.

- Baschin, O., Der Mechanismus der Gebirgsbildung nach Albert Heim. S. 369.
- Bubnoff, S. von, Gebirgsbildung und Schwere. S. 882.
- Goldschmidt, V. M., Die Phosphatrohstoffe. S. 887.
- Höfer-Heimhalt, Hans, Die Geologie der Torfmoore. S. 260, 280.
- Niggli, Paul, Das Magma und seine Produkte. S. 463.
- Nowak, Ernst, Sedimentation und Gebirgsbildung. S. 892.
- Rinne, F., Bemerkungen zur Stellung der Kristalle in der Reihe der Feinbautypen. S. 559.
- Schulz, Bruno, Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane. S. 241.
- Wegener, Alfred, Die Entstehung der Mondkrater. S. 592.

Physik.

- Auerbach, Fr., Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft. S. 903.
 Birek, Otto, Die Bedeutung der vollständigen Sonnenfinsternis im September 1922 für die Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie. S. 760.
 — und E. v. d. Pahlen, Bericht über die internationale Astronomenversammlung in Potsdam. S. 839.
 Boegehold, H., Treue Darstellung und Verzeichnung bei optischen Instrumenten. S. 273.
 Emden, R., Zeemaneffekt und Sonnenforschung. S. 916.
 Erfile, H., Lupenvergrößerung, Fernrohrvergrößerung und Vergrößerung. S. 1033.
 Erggelet, H., Hermann v. Helmholtz und die Augenheilkunde. S. 967.
 Exner, F., Zur Erinnerung an Josef Loschmidt. S. 177.
 Glocker, R., Neuere Arbeiten über Absorption und Streuung der Röntgenstrahlung. S. 995.
 Grammel, R., Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde. S. 623, 643, 660.
 Gundlach, Karl, Farbenphotographie. Ihre Entwicklung und ihr jetziger Stand. S. 785.
 Haas, Arthur, Die Loschmidtsche Zahl und die modernen Methoden ihrer Bestimmung. S. 180.
 Hagenbach, A., J. J. Balmer und W. Ritz. S. 451.
 Hahn, Otto, und Lise Meitner, Über das Arbeiten mit radioaktiven Substanzen. S. 316.
 Haschek, Ed., und Karl F. Herzfeld, Ein Beitrag zur physikalischen Erklärung des Wüschelrutenproblems. S. 1029.
 Hauser, Ernst, und Robert Oedl, Eishöhlen. S. 721.
 Herzog, R. O., und W. Jancke, Röntgenspektrographische Beobachtungen an hochmolekularen organischen Verbindungen. S. 320.
 Hettner, G., Die Rotationsspektren der Gase. S. 566.
 Kalimann, Hartmut, Über thermodynamische Wärmeerzeugung. S. 114.
 Kopff, A., Das Rotationsproblem in der Relativitätstheorie. S. 9.
 Landé, A., Über den anomalen Zeemaneffekt. S. 926.
 Meißner, A., Die drahtlose Telephonie. S. 445.
 Meitner, Lise, Radioaktivität und Atomkonstitution. S. 423.
 Meyerhof, Otto, Neue Versuche zur Thermodynamik der Muskelkontraktion. S. 193.
 Nernst, W., Die elektrochemischen Arbeiten von Helmholtz. S. 699.
 Nölke, Fr., Über die Entstehung der Eiszeiten. S. 850.
 Normann, W., Über den supraleitenden Zustand von Metallen. S. 62.
 Pahlen, E. v. d., Die modernen Methoden der Bestimmung von Sterndurchmessern. S. 599.
 Polanyi, M., Faserstruktur im Röntgenlichte. S. 337.
 Rinne, F., Bemerkungen zur Stellung der Kristalle in der Reihe der Feinbautypen. S. 559.
 Rohr, M. v., Zu Otto Schotts siebenzigstem Geburtstage. Mitteilungen aus der Geschichte der technischen Optik. S. 999.
 Rosenberg, H., Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkerröhre. S. 359, 389.
 Schottky, W., Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt. S. 492, 506.
 Smekal, Adolf, Über Rutherfords Entdeckung eines neuen leichten Atomkernes. S. 77.
 Sommerfeld, A., und E. Back, Fünfundzwanzig Jahre Zeemaneffekt. S. 911.
 Streuli, Heinrich, Die Bedeutung der Gullstrandschen Spaltlampe für die Ophthalmologie. S. 983.
 Thirring, Hans, Über das Uhrenparadoxon in der Relativitätstheorie. S. 209.
 — Ziele und Methoden der theoretischen Physik. S. 1023.
 Wegener, Alfred, Die Entstehung der Mondkrater. S. 592.
 Weigert, Fritz, Über einen neuen Effekt der Strahlung. S. 583.
 Westphal, Wilhelm, Über das Vorkommen und den Zustand der Elemente in der Atmosphäre der Sonne und der Fixsterne. S. 863.
 Wien, W., Helmholtz als Physiker. S. 694.

Chemie und physikalische Chemie.

- Auerbach, Fr., Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft. S. 903.
 Beckmann, Ernst, Die Tätigkeit des Kaiser Wilhelm-Institutes für Chemie von 1911—1921. S. 305.
 Bergmann, Max, Die Struktur der Cellobiose. S. 308.
 Euler, H. v., Olof Hammarsten zum achtzigsten Geburtstag. S. 639.
 Exner, F., Zur Erinnerung an Josef Loschmidt. S. 177.

- Fajans, K., Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der Atomstruktur. S. 729.
 Fischer, Franz, Was lehrt die Chemie über die Entstehung und die chemische Struktur der Kohle? S. 958.
 Goldschmidt, V. M., Die Phosphatrohstoffe. S. 887.
 Gundlach, Karl, Farbenphotographie. Ihre Entwicklung und ihr jetziger Stand. S. 785.
 Haas, Arthur, Die Loschmidt'sche Zahl und die modernen Methoden ihrer Bestimmung. S. 180.
 Hahn, Otto, und Lise Meitner, Über das Arbeiten mit radioaktiven Substanzen. S. 316.
 Herzog, R. O. und W. Jancke, Röntgenspektrographische Beobachtungen an hochmolekularen organischen Verbindungen. S. 320.
 Hettner, G., Die Rotationsspektren der Gase. S. 566.
 Jacoby, Martin, Fermentstudien. S. 588.
 Karrer, P., Der Aufbau der Stärke und des Glycogens. S. 399.
 Lecher, Hans, Die Radikale in der älteren und in der modernen organischen Chemie. S. 541, 561.
 Liesche, Otto, Das Molargewicht und seine Rolle in der Methodik der chemischen Forschung. S. 330.
 Meitner, Lise, Radioaktivität und Atomkonstitution. S. 423.
 Neuberg, Carl, Gärung und Synthese. S. 334.
 Niggli, Paul, Das Magma und seine Produkte. S. 463.
 Polany, M., Faserstruktur im Röntgenlichte. S. 337.
 Rassow, Hermann, Untersuchungen über den kritischen Zustand. S. 52.
 Rohr, M. v., Zu Otto Schott's siebzigstem Geburtstage. Mitteilungen aus der Geschichte der technischen Optik. S. 999.
 Rona, P., Die Anwendbarkeit der Fermente bei Untersuchungen über Giftwirkungen. S. 976.
 Schade, H., Die Kolloide als Träger der Lebenserscheinungen. S. 89.
 Stock, Alfred, Aus der organisch-chemischen Abteilung des Kaiser Wilhelm-Institutes für Chemie. S. 342.
 Thörner, Walther, Über den Sauerstoffstrom im tierischen Gewebe. Sauerstofforte und Reduktionsorte nach P. G. Unna. S. 225.
 Weigert, Fritz, Über einen neuen Effekt der Strahlung. S. 583.

Physikalische und chemische Technik.

- Betz, A., Die Vorgänge beim Schraubenpropeller. S. 309.
 Caro, Heinrich, Veredelung minderwertiger Brennstoffe nach dem Madruckverfahren. S. 740.
 Gundlach, Karl, Farbenphotographie. Ihre Entwicklung und ihr jetziger Stand. S. 785.
 Heyn, E., Über Eigenspannungen in Metallen, ihre Ursachen und Folgen. S. 321.
 Kegel, Karl, Die Bewetterung von Steinkohlenbergwerken. S. 153.
 Lüppe-Cramer, Die photographischen Desensibilisatoren und ihre Nutzenanwendung im Safranverfahren. S. 725.
 Masing, Georg, Die Probleme der modernen Metallographie. S. 383.
 Meißner, A., Die drahtlose Telephonie. S. 445.
 Rosenberg, H., Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkerröhre. S. 359, 389.
 Schneider, Ludwig, Die Heißdampflokomotive. S. 409.
 Schüle, W., Die Gas- und Ölturbine. S. 1039.

Besprechungen.

Allgemeines.

- Bezold, W. v., Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe. 2. Auflage (A. Brückner). S. 728.
 Bühler, Karl, Die geistige Entwicklung des Kindes. 2. Auflage (H. Gruhle). S. 666.
 Jacob, Heinrich Eduard, Die Physiker von Syrakus (E. J. Gumbel). S. 270.
 Jaeger, F. M., Lectures on the principle of symmetry and its applications in all natural sciences (P. P. Ewald). S. 579.
 Klein, Felix, Gesammelte mathematische Abhandlungen. I. Band (H. E. Timerding). S. 897.

McKready, Kelvin, Sternbuch für Anfänger. 2. Auflage. S. 886.

Strömgren, Elis, Astronomiska Miniaturer (P. Guthnick). S. 269.

Biologisches.

Allgemeine Biologie.

- Beutner, R., Die Entstehung elektrischer Ströme in lebenden Geweben (L. Michaelis). S. 218.
 Bütschli, Otto, Vorlesungen über vergleichende Anatomie (Richard Hesse). S. 991.
 Goette, A., Die Entwicklungsgeschichte der Tiere (Richard Hesse). S. 647.

- Goldschmidt, R., Einführung in die Vererbungswissenschaft. Dritte Auflage (G. v. Ubisch). S. 66.
- Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung (O. Koehler). S. 82.
- Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung (H. L. Honigmann). S. 795.
- Hertwig, Oscar, Allgemeine Biologie. 5. Auflage (O. Steche). S. 250.
- Die Elemente der Entwicklungslehre. 6. Auflage (Heiderich). S. 795.
- Kühn, Alfred, Morphologie der Tiere in Bildern (Thilo Krumbach). S. 902.
- Lewin, Kurt, Die Verwandtschaftsbegriffe in Biologie und Physik und die Darstellung vollständiger Stammbäume (Hans Reichenbach). S. 51.
- Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere (Fritz Jürgen Meyer). S. 928.
- Schmid, Bastian, Von den Aufgaben der Tierpsychologie (A. Pratje). S. 396.
- Weil, Arthur, Die innere Sekretion (Leon Asher). S. 616.

Botanik.

- Engler, A., Das Pflanzenreich (W. Wangerin). S. 577.
- Goldschmidt, R., Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung (H. L. Honigmann). S. 795.
- Graebner, Paul, Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten (Fr. Markgraf). S. 797.
- Grünbaum, F., und R. Lindt, Das Physikalische Praktikum des Nichtphysikers. 3. Auflage (J. Koppel). S. 617.
- Harvey, E. Newton, The nature of animal light (A. Pütter). S. 577.
- Hertwig, Oscar, Allgemeine Biologie. 5. Auflage (O. Steche). S. 250.
- Die Elemente der Entwicklungslehre. 6. Auflage (Heiderich). S. 795.
- Küster, Ernst, Lehrbuch der Botanik für Mediziner (R. O. Neumann). S. 394.
- Kultur der Mikroorganismen. 3. Auflage (Fr. Czapek). S. 577.
- Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere (Fritz Jürgen Meyer). S. 928.
- Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Auflage (E. Küster). S. 767.
- Strasburger, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen (H. Kniep). S. 886.

Zoologie.

- Abel, O., Lehrbuch der Paläozoologie (Fr. Drevermann). S. 66.
- Bütschli, Otto, Vorlesungen über vergleichende Anatomie (Richard Hesse). S. 991.
- Doflein, Franz, Mazedonien (Max Dingler). S. 615.
- Mazedonische Ameisen (Max Dingler). S. 616.
- Goette, A., Die Entwicklungsgeschichte der Tiere (Richard Hesse). S. 647.
- Goldschmidt, R., Einführung in die Vererbungswissenschaft. Dritte Auflage (G. v. Ubisch). S. 66.
- Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung (O. Koehler). S. 82.
- Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung (H. L. Honigmann). S. 795.

- Grünbaum, F., und R. Lindt, Das Physikalische Praktikum des Nichtphysikers. 3. Auflage (J. Koppel). S. 617.
- Harvey, E. Newton, The nature of animal light (A. Pütter). S. 577.
- Hertwig, Oscar, Allgemeine Biologie. 5. Auflage (O. Steche). S. 250.
- Die Elemente der Entwicklungslehre. 6. Auflage (Heiderich). S. 795.
- Hoffmann, B., Führer durch unsere Vogelwelt. 2. Auflage (Fritz Braun). S. 498.
- Kronacher, C., Allgemeine Tierzucht (K. Ereky). S. 413.
- Kühn, Alfred, Morphologie der Tiere in Bildern (Thilo Krumbach). S. 902.
- Kükenthal, Willy, Leitfaden für das Zoologische Praktikum (W. May). S. 162.
- Niemann, G., und H. L. Honigmann, Zoologisches Wörterbuch (W. May). S. 51.
- Pax, Ferdinand, Die Tierwelt Schlesiens (Thilo Krumbach). S. 902.
- Schmitt, Waldo L., The marine decapod Crustacea of California (H. Balss). S. 766.
- Seidlitz, W. v., Revolutionen in der Erdgeschichte (Fr. Drevermann). S. 67.
- Stellwaag, F., Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten (Albrecht Hase). S. 396.
- Stromer, Ernst, Paläozoologisches Praktikum (Fr. Drevermann). S. 66.
- Wilhelmi, J., Die Kriebelmückenplage (B. Harms). S. 396.
- Die Bekämpfung der gesundheitlichen und wirtschaftlichen Schädlinge (B. Harms). S. 576.
- Wille, Johannes, Biologie und Bekämpfung der deutschen Schabe (Albrecht Hase). S. 395.

Medizin.

- Domarus, A. von, Methodik der Blutuntersuchung (A. Lazarus). S. 767.
- Gelb, A., und K. Goldstein, Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle (K. Koffka). S. 496.
- Goldscheider, A., Das Schmerzproblem (Löwenstein). S. 37.
- Grünbaum, F., und R. Lindt, Das Physikalische Praktikum des Nichtphysikers. 3. Auflage (J. Koppel). S. 617.
- Hering, Ewald, Grundzüge zur Lehre vom Lichtsinn. Vierte (Schluß-)Lieferung (Leon Asher). S. 38.
- Hoesslin, Heinrich von, Das Sputum (A. Lazarus). S. 796.
- Hofmann, Franz Bruno, Die Lehre vom Raumsinn des Auges. Erster Teil (Leon Asher). S. 37.
- Küster, Ernst, Lehrbuch der Botanik für Mediziner (R. O. Neumann). S. 394.
- Kultur der Mikroorganismen. 3. Auflage (Fr. Czapek). S. 577.
- Lewin, L., Die Kohlenoxydvergiftung (H. Zangger). S. 159.
- Die Gifte in der Weltgeschichte (A. Pütter). S. 161.
- Liebermeister, G., Tuberkulose, ihre verschiedenen Erscheinungsformen und Stadien sowie ihre Bekämpfung (A. Lazarus). S. 858.
- Müller, L. R., Das vegetative Nervensystem (Leon Asher). S. 15.
- Parker, G. H., The elementary nervous system (A. Pütter). S. 796.
- Schulz, Hans, Das Sehen (A. Brückner). S. 665.

- Siebeck, Richard, Die Beurteilung und Behandlung der Nierenkranken (v. Weizsäcker). S. 497.
 Spitta, O., Grundriß der Hygiene (Seitz). S. 15.
 Weil, Arthur, Die innere Sekretion (Leon Ascher). S. 616.

Nichtbiologisches.

Astronomie.

- Diels, Hermann, Antike Technik. 2. Auflage (R. Prager). S. 270.
 Gruner, P., Leitfaden der geometrischen Optik (Hans Boegehold). S. 748.
 Hinneberg, Paul (Hrsgb.), Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Astronomie (R. Prager). S. 746.
 McKeady, Kelvin, Sternbuch für Anfänger. 2. Auflage. S. 886.
 Strömgren, Elis, Astronomiska Miniaturer (P. Guthnick). S. 269.

Geographie.

- Defant, Albert, Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen (Bruno Schulz). S. 596.
 Hettner, Alfred, Die Oberflächenformen des Festlandes, ihre Untersuchung und Darstellung (Fritz Jaeger). S. 856.
 Kende, Oskar, Geographisches Wörterbuch (O. Baschin). S. 595.
 Mawson, Douglas, Leben und Tod am Südpol (O. Baschin). S. 99.
 Neumayr, M., und Fr. Ed. Suess, Erdgeschichte. 3. Auflage (F. Rinne). S. 35.
 Philippson, Alfred, Grundzüge der Allgemeinen Geographie (O. Baschin). S. 857.
 Ruska, Julius, Methodik des mineralogisch-geologischen Unterrichts (J. Wilser). S. 36.
 Wegener, Alfred, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 2. Auflage (Bruno Schulz). S. 241.
 Wilckens, O., Allgemeine Gebirgskunde (A. Tornquist). S. 36.

Geologie und Mineralogie.

- Abel, O., Lehrbuch der Paläozoologie (Fr. Drevermann). S. 66.
 Andrée, Karl, Geologie des Meeresbodens (Bruno Schulz). S. 16.
 Cloos, Hans, Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge (F. Kossmat). S. 884.
 Dacqué, Edgar, Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere (O. Abel). S. 1016.
 Groth, Paul, Elemente der chemischen und physikalischen Krystallographie (P. Niggli). S. 268.
 Kayser, E., Abriß der allgemeinen und stratigraphischen Geologie. 2. Auflage (J. Wilser). S. 597.
 Neumayr, M., und Fr. Ed. Suess, Erdgeschichte. 3. Auflage (F. Rinne). S. 35.
 Niggli, Lehrbuch der Mineralogie (A. Johnsen). S. 52.
 Potonié, Lehrbuch der Palaeobotanik (F. Krasser). S. 1014.
 Ruska, Julius, Methodik des mineralogisch-geologischen Unterrichts (J. Wilser). S. 36.
 Schmidt, C. W., Geologisch-mineralogisches Wörterbuch (J. Wilser). S. 576.
 Seidlitz, W. v., Revolutionen in der Erdgeschichte (Fr. Drevermann). S. 67.

- Stromer, Ernst, Paläozoologisches Praktikum (Fr. Drevermann). S. 66.
 Wegener, Alfred, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 2. Auflage (Bruno Schulz). S. 241.
 Wilckens, O., Allgemeine Gebirgskunde (A. Tornquist). S. 36.
 Wilser, J., Grundriß der angewandten Geologie (H. Stremme). S. 1017.

Physik.

- Abraham, M., Theorie der Elektrizität. Bd. 2. Elektromagnetische Theorie der Strahlung. 4. Auflage (E. Orlich). S. 777.
 Bein, Willy, Das chemische Element, seine Wandlung und sein Bau als Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung (Fritz Paneth). S. 267.
 Beutner, R., Die Entstehung elektrischer Ströme in lebenden Geweben (L. Michaelis). S. 218.
 Bezold, W. v., Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe. 2. Auflage (M. Brückner). S. 728.
 Boltzmann, Ludwig, Vorlesungen über die Prinzipien der Mechanik (Th. v. Kármán). S. 269.
 Born, Max, Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen (Max Jakob). S. 371.
 Diels, Hermann, Antike Technik. 2. Auflage (R. Prager). S. 270.
 Dingler, Hugo, Die Grundlagen der Physik (Hans Thirring). S. 373.
 — Physik und Hypothese (M. Schlick). S. 778.
 Exner, Franz, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften (Hans Reichenbach). S. 414.
 Fajans, J., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 3. Auflage (Fritz Paneth). S. 576.
 Fürth, Reinhold, Schwankungserscheinungen in der Physik (H. Reichenbach). S. 111.
 Gehrocke, E., Physik und Erkenntnistheorie (M. Schlick). S. 779.
 Gerlach, Walther, Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie (W. Grotrian). S. 900.
 Graetz, L., Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Band I, Lieferung 3 (E. Regener). S. 856.
 Grammel, Richard, Der Kreisel. Seine Theorie und seine Anwendungen (M. Winkelmann). S. 455.
 Groth, Paul, Elemente der chemischen und physikalischen Krystallographie (P. Niggli). S. 268.
 Grübler, Martin, Lehrbuch der technischen Mechanik (L. Hopf). S. 666.
 Gruner, P., Leitfaden der geometrischen Optik (Hans Boegehold). S. 748.
 Haas, Arthur, Das Naturbild der neuen Physik (Hans Reichenbach). S. 594.
 — Einführung in die theoretische Physik (P. P. Ewald). S. 776.
 Harvey, E. Newton, The nature of animal light (A. Pütter). S. 577.
 Hinneberg, Paul (Hrsgb.), Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Astronomie (R. Prager). S. 746.
 Isenkrahe, C., Zur Elementaranalyse der Relativitätstheorie (Hans Thirring). S. 373.
 Kopff, A., Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie. (Hans Thirring). S. 777.
 Love, A. E. H., Theoretische Mechanik (L. Hopf). S. 650.

- McKeady, Kelvin, Sternbuch für Anfänger. 2. Auflage. S. 886.
- Mach, Ernst, Die Prinzipien der physikalischen Optik, historisch und erkenntnistheoretisch entwickelt (M. v. Laue). S. 966.
- Mache, H., Einführung in die Theorie der Wärme (F. Henning). S. 649.
- Marx, Erich (Hrsg.), Handbuch der Radiologie (Walther Gerlach). S. 217.
- Mises, R. v., Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik. S. 268.
- Möller, Hans Georg, Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen (G. Leithäuser). S. 649.
- Nernst, Walther, Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. 8.—10. Auflage (M. Bodenstein). S. 855.
- Planck, Max, Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie (F. Reiche). S. 18.
- Vorlesungen über Thermodynamik. 4. Auflage (F. Reiche). S. 499.
- Prandtl, L. (Hrsg.), Ergebnisse der aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen (L. Hopf). S. 498.
- Reiche, Fritz, Die Quantentheorie (A. Smekal). S. 373.
- Schaefer, Clemens, Einführung in die theoretische Physik (P. P. Ewald). S. 946.
- Schulz, Hans, Das Sehen (A. Brückner). S. 665.
- Smits, A., Die Theorie der Allotropie (G. Masing). S. 947.
- Sommerfeld, A., Atombau und Spektrallinien (J. Franck). S. 233.
- Strömgren, Elis, Astronomiska Miniaturer (P. Guthnick). S. 269.
- Valentiner, S., Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. 3. Auflage (Hartmut Kallmann). S. 778.
- Anwendungen der Quantenhypothese in der kinetischen Theorie der festen Körper und der Gase. 2. Auflage (Hartmut Kallmann). S. 778.
- Chemie.**
- Abegg, R., Handbuch der anorganischen Chemie (H. Freundlich). S. 233.
- Alexander-Katz, Bruno, Quarzglas und Quarzgut (Herschkowitsch). S. 766.
- Bein, Willy, Das chemische Element, seine Wandlung und sein Bau als Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung (Fritz Paneth). S. 267.
- Bernthsen, A., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 15. Auflage (P. Friedländer). S. 764.
- Breitensteins Repetitorien. Praktikum und Repetitorium der quantitativen Analyse. III. Teil (J. Koppel). S. 100.
- Brigl, P., Die chemische Erforschung der Naturfarbstoffe (P. Friedländer). S. 548.
- Bucherer, Hans Th., Lehrbuch der Farbenchemie (P. Friedländer). S. 479.
- Classen, Alexander, Handbuch der analytischen Chemie. 7. Auflage (R. J. Meyer). S. 546.
- Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie (J. Koppel). S. 617.
- Döring, Th., Analytische Chemie (J. Koppel). S. 764.
- Fajans, J., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 3. Auflage (Fritz Paneth). S. 576.
- Freudenberg, K., Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe (M. Bergmann). S. 230.
- Georgievicz, Georg, Kurzgefaßtes Lehrbuch der Farbenchemie (P. Friedländer). S. 548.
- Groth, Paul, Elemente der chemischen und physikalischen Krystallographie (P. Niggli). S. 268.
- und K. Mieleitner, Mineralogische Tabellen (J. Koppel). S. 549.
- Grünbaum, F., und R. Lindt, Das Physikalische Praktikum des Nichtphysikers. 3. Auflage (J. Koppel). S. 617.
- Harvey, E. Newton, The nature of animal light (A. Pütter). S. 577.
- Henrich, F., Theorien der organischen Chemie. 4. Auflage (P. Friedländer). S. 231.
- Heuser, Emil, Lehrbuch der Zellulosechemie (P. Friedländer). S. 479.
- Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Chemie. 3. Auflage (R. J. Meyer). S. 51.
- Kast, H., Spreng- und Zündstoffe (O. Poppenberg). S. 231.
- Kauffmann, H., Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Konstitution (J. Koppel). S. 233.
- Lassar-Cohn, Ad. Stöckhardts Schule der Chemie oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Versuche. 22. Auflage (R. J. Meyer). S. 16.
- Lewin, L., Die Kohlenoxydvergiftung (H. Zangger). S. 159.
- Die Gifte in der Weltgeschichte (A. Pütter). S. 161.
- Ludewig, P., Radioaktivität (Fritz Paneth). S. 765.
- Meyer, Viktor, und Paul Jacobson, Lehrbuch der organischen Chemie (M. Bergmann). S. 965.
- Michaelis, Leonor, Praktikum der physikalischen Chemie (H. Freundlich). S. 547.
- Mieleitner, K., Die technisch-wichtigen Mineralstoffe (R. J. Meyer). S. 549.
- Moeller, Max, Das Ozon, eine physikalisch-chemische Darstellung (R. J. Meyer). S. 547.
- Moser, L., Die Reindarstellung von Gasen (J. Koppel). S. 234.
- Nernst, Walther, Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. 8.—10. Auflage (M. Bodenstein). S. 855.
- Neuss, Oscar (Hrsg.), Beiträge zur Metallurgie und andere Arbeiten auf chemischem Gebiet (G. Masing). S. 766.
- Ochs, Rudolf, Einleitung in die Chemie. 2. Auflage (A. Rosenheim). S. 728.
- Ostwald, Wilhelm, Grundriß der allgemeinen Chemie. 6. Auflage (R. J. Meyer). S. 547.
- Ostwald, W., Grundriß der Kolloidchemie. 5. Auflage (R. Zsigmondy). S. 110.
- Plotnikow, Joh., Allgemeine Photochemie (Fritz Weigert). S. 477.
- Preuß, E., Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. 2. Auflage (G. Masing). S. 765.
- Roth, W. A., Chemiker-Kalender 1921 (J. Koppel). S. 235.
- Physikalisch-chemische Übungen. 3. Auflage (J. Koppel). S. 765.
- Schmidt, Harry, Probleme der modernen Chemie in allgemeinverständlicher Darstellung (R. J. Meyer). S. 549.

- Schmidt, J., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 2. Auflage (P. Friedländer). S. 231.
 Schwarz, M. v., Legierungen. 2. Auflage (W. Fraenkel). S. 232.
 Smits, A., Die Theorie der Allotropie (G. Masing). S. 947.
 Stock, Alfred, und Arthur Stähler, Praktikum der quantitativen und anorganischen Analyse. 3. Auflage (J. Koppel). S. 100.
 Zsigmondy, R., Kolloidchemie. 3. Auflage (H. Freundlich). S. 232.

Physikalische und chemische Technik.

- Alexander-Katz, Bruno, Quarzglas und Quarzgut (Herschkowitsch). S. 766.
 Bader, H. G., Grundlagen der Flugtechnik (L. Hopf). S. 457.
 Grübler, Martin, Lehrbuch der technischen Mechanik (L. Hopf). S. 666.
 Liesegang, F. Paul, Wissenschaftliche Kinematographie einschließlich der Reihenphotographie (W. Merté). S. 578.
 Love, A. E. H., Theoretische Mechanik (L. Hopf). S. 650.
 Mache, H., Einführung in die Theorie der Wärme (F. Henning). S. 649.
 Möller, Hans Georg, Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen (G. Leithäuser). S. 649.
 Neuss, Oscar (Hrsg.), Beiträge zur Metallurgie und andere Arbeiten auf chemischem Gebiet (G. Masing). S. 766.

- Prandtl, L. (Hrsg.), Ergebnisse der aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen (L. Hopf). S. 498.
 Preuß, E., Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. 2. Auflage (G. Masing). S. 765.
 Wiener, Otto, Fliegerkraftlehre (L. Hopf). S. 457.

Philosophie.

- Bühler, Karl, Die geistige Entwicklung des Kindes. 2. Auflage (H. Gruhle). S. 666.
 — Abriß der geistigen Entwicklung des Kindes (Hans Gruhle). S. 767.
 Erdmann, Benno, Grundzüge der Reproduktionspsychologie (K. Huber). S. 524.
 Gehrcke, E., Physik und Erkenntnistheorie (M. Schlick). S. 779.
 Gelb, A., und K. Goldstein, Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle (K. Koffka). S. 496.
 Giese, Fritz, Psychologisches Wörterbuch (K. Koffka). S. 993.
 Hering, Ewald, Grundzüge zur Lehre vom Lichtsinn. 4. Schlußlieferung (Leon Asher). S. 38.
 Hofmann, Franz Bruno, Die Lehre vom Raumsinn des Auges. Erster Teil (Leon Asher). S. 37.
 Köhler, W., Die physischen Gestalten in Ruhe und in stationärem Zustand (K. Koffka). S. 412.
 Ziehen, Theodor, Lehrbuch der Logik (M. Honecker). S. 373.

Verzeichnis der Referenten.

- Abel, O.: Dacqué, Edgar, Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere. S. 1016.
 Asher Leon: Hering, Ewald, Grundzüge zur Lehre vom Lichtsinn. 4. (Schluß-)Lieferung. S. 38.
 — Hofmann, Franz Bruno, Die Lehre vom Raumsinn des Auges. Erster Teil. S. 37.
 — Müller, L. R., Das vegetative Nervensystem. S. 15.
 — Weil, Arthur, Die innere Sekretion. S. 616.
 Balas, H.: Schmitt, Waldo L., The marine decapod Crustacea of California. S. 766.
 Baschin, O.: Kende, Oskar, Geographisches Wörterbuch. S. 595.
 — Mawson, Douglas, Leben und Tod am Südpol. S. 99.
 — Philippon, Alfred, Grundzüge der Allgemeinen Geographie. S. 857.
 Bergmann, M.: Freudenberg, K., Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe. S. 230.
 — Meyer, Viktor, und Paul Jacobson, Lehrbuch der organischen Chemie. S. 965.
 Bodenstein, M.: Nernst, Walther, Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadro'schen Regel und der Thermodynamik. 8.—10. Auflage. S. 855.
 Boegehold, Hans: Gruner, P., Leitfaden der geometrischen Optik. S. 748.
 Braun, Fritz: Hoffmann, B., Führer durch unsere Vogelwelt. 2. Auflage. S. 498.

- Brückner, A.: Bezold, W. v., Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe. 2. Auflage. S. 728.
 — Schulz, Hans, Das Sehen. S. 665.
 Czapek, Fr.: Küster, Ernst, Kultur der Mikroorganismen. 3. Auflage. S. 577.
 Dingler, Max: Doflein, Franz, Mazedonien. S. 615.
 — Doflein, Franz, Mazedonische Ameisen. S. 616.
 Drevermann, Fr.: Abel, O., Lehrbuch der Paläozoologie. S. 66.
 — Seidlitz, W. v., Revolutionen in der Erdgeschichte. S. 67.
 — Stromer, Ernst, Paläozoologisches Praktikum. S. 66.
 Ereky, K.: Kronacher, C., Allgemeine Tierzucht. S. 413.
 Ewald, P. P.: Haas, A., Einführung in die theoretische Physik. S. 776.
 — Jaeger, F. M., Lectures on the principle of Symmetry and its applications in all natural Sciences. S. 579.
 — Schaefer, Clemens, Einführung in die theoretische Physik. S. 946.
 Fraenkel, W.: Schwarz, M. v., Legierungen. 2. Auflage. S. 232.
 Franck, J.: Sommerfeld, A., Atombau und Spektrallinien. S. 233.
 Freundlich, H.: Abegg, R., Handbuch der anorganischen Chemie. S. 233.
 — Michaelis, Leonor, Praktikum der physikalischen Chemie. S. 547.
 — Zsigmondy, R., Kolloidchemie. 3. Auflage. S. 232.

- Friedländer, P.: Bernthsen, A., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 15. Auflage. S. 764.
- Brigl, P.: Die chemische Erforschung der Naturfarbstoffe. S. 548.
- Bucherer, Hans Th., Lehrbuch der Farbenchemie. S. 479.
- Georgievicz, Georg, Kurzgefaßtes Lehrbuch der Farbenchemie. S. 548.
- Henrich, F., Theorien der organischen Chemie. 4. Auflage. S. 231.
- Heuser, Emil, Lehrbuch der Zellulosechemie. S. 479.
- Schmidt, J., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 2. Auflage. S. 231.
- Gerlach, Walther: Marx, Erich, Handbuch der Radiologie. S. 217.
- Grottrian, W.: Gerlach, Walter, Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie. S. 900.
- Gruhle, Hans: Bühler, Karl, Die geistige Entwicklung des Kindes. 2. Auflage. S. 666.
- Bühler, Karl, Abriß der geistigen Entwicklung des Kindes. S. 767.
- Gumbel, E. J.: Jacob, Heinrich Eduard, Die Physiker von Syrakus. S. 270.
- Guthnick, P.: Strömberg, Elis, Astronomiska Miniatyrer. S. 269.
- Harms, B.: Wilhelmi, J., Die Kriebelmückenplage. S. 396.
- Wilhelmi, J., Die Bekämpfung der gesundheitlichen und wirtschaftlichen Schädlinge. S. 576.
- Hase, Albrecht: Wille, Johannes, Biologie und Bekämpfung der deutschen Schabe. S. 395.
- Stellwaag, F., Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten. S. 396.
- Heiderich: Hertwig, O., Die Elemente der Entwicklungslehre. 6. Auflage. S. 795.
- Henning, F.: Mache, H., Einführung in die Theorie der Wärme. S. 649.
- Herschkwitsch: Alexander-Katz, Bruno, Quarzglas und Quarzglas. S. 766.
- Hesse, Richard: Bütschli, Otto, Vorlesungen über vergleichende Anatomie. S. 991.
- Goette, A., Die Entwicklungsgeschichte der Tiere (Originalaufsatz). S. 647.
- Honigsmann, H. L.: Goldschmidt, R., Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung. S. 795.
- Hopf, L.: Bader, H. G., Grundlagen der Flugtechnik. S. 457.
- Ergebnisse der aerodynamischen Versuchsanstalt. S. 498.
- Grubler, Martin, Lehrbuch der technischen Mechanik. S. 666.
- Love, A. E. H., Theoretische Mechanik. S. 650.
- Wiener, Otto, Fliegerkraftlehre. S. 457.
- Huber, K.: Erdmann, Benno, Grundzüge der Reproduktionspsychologie. S. 524.
- Jäger, Fritz: Hettner, Alfred, Die Oberflächenformen des Festlandes, ihre Untersuchung und Darstellung. S. 856.
- Jakob, Max: Born, Max, Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen. S. 371.
- Johnsen, A.: Niggli, Lehrbuch der Mineralogie. S. 52.
- Kallmann, Hartmut: Valentiner, S., Anwendungen der Quantenhypothese in der kinetischen Theorie der festen Körper und der Gase. 2. Auflage. S. 778.
- Valentiner, S., Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. 3. Auflage. S. 778.
- Kármán, Th. v.: Ludwig Boltzmanns Vorlesungen über die Prinzipien der Mechanik. S. 269.
- Kniep, H.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. S. 886.
- Koehler, O.: Goldschmidt, R., Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung. S. 82.
- Koffka, Karl: Gelb, A., und K. Goldstein, Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle. S. 496.
- Giese, Fritz, Psychologisches Wörterbuch. S. 993.
- Köhler, W., Die physischen Gestalten in Ruhe und in stationärem Zustand. S. 412.
- Koppel, J.: Breitensteins Repetitorien. Praktikum und Repetitorium der quantitativen Analyse. III. Teil. S. 100.
- Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie. S. 617.
- Döring, Th., Analytische Chemie. S. 764.
- Groth, P., und K. Mieleitner, Mineralogische Tabellen. S. 549.
- Grünbaum, F., und R. Lindt, Das Physikalische Praktikum des Nichtphysikers. 3. Auflage. S. 617.
- Stock, Alfred, und Arthur Stähler, Praktikum der quantitativen und anorganischen Analyse. 3. Auflage. S. 100.
- Kauffmann, H., Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Konstitution. S. 233.
- Moser, L., Die Reindarstellung von Gasen. S. 234.
- Roth, W. A., Chemiker-Kalender 1921. S. 235.
- Roth, W. A., Physikalisch-chemische Übungen. 3. Auflage. S. 765.
- Kossmat, F.: Cloos, Hans, Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. S. 884.
- Krasser, F.: Potoniés Lehrbuch der Palaeobotanik. S. 1014.
- Krumbach, Thilo: Kühn, Alfred, Morphologie der Tiere in Bildern. S. 902.
- Pax, Ferdinand, Die Tierwelt Schlesiens. S. 902.
- Küster, E.: Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Auflage. S. 767.
- Laue, M. v.: Mach, Ernst, Die Prinzipien der physikalischen Optik, historisch und erkenntnistheoretisch entwickelt. S. 966.
- Lazarus, A.: Domarus, A. von, Methodik der Blutuntersuchung. S. 767.
- Hoesslin, Heinrich von, Das Sputum. S. 796.
- Liebermeister, G., Tuberkulose, ihre verschiedenen Erscheinungsformen und Stadien sowie ihre Bekämpfung. S. 858.
- Leithäuser, G.: Möller, Hans Georg, Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen. S. 649.
- Löwenstein: Goldscheider, A., Das Schmerzproblem. S. 37.
- Markgraf, Fr.: Graebner, Paul, Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten. S. 797.

- Masing, G.: Beiträge zur Metallurgie und andere Arbeiten auf chemischem Gebiet. S. 766.
- Preuss, E., Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. 2. Auflage. S. 765.
- Smits, A., Die Theorie der Allotropie. S. 947.
- May, W.: Kükenthal, Willy, Leitfaden für das Zoologische Praktikum. S. 162.
- Niemann, G., und H. L. Honigmann, Zoologisches Wörterbuch. S. 51.
- Merté, W.: Liesegang, F. Paul, Wissenschaftliche Kinematographie einschließlich der Reihenphotographie. S. 578.
- Meyer, Fritz Jüngen: Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. S. 928.
- Meyer, R. J.: Classen, Alexander, Handbuch der analytischen Chemie. 7. Auflage. S. 546.
- Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Chemie. 3. Auflage. S. 51.
- Lassar-Cohn, Ad. Stöckhardts Schule der Chemie oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Versuche. 22. Auflage. S. 16.
- Mieleitner, K., Die technisch-wichtigen Mineralstoffe. S. 549.
- Moeller, Max, Das Ozon, eine physikalisch-chemische Darstellung. S. 547.
- Ostwald, Wilhelm, Grundriß der allgemeinen Chemie. 6. Auflage. S. 547.
- Schmidt, Harry, Probleme der modernen Chemie in allgemeinverständlicher Darstellung. S. 549.
- Michaelis, L.: Beutner, R., Die Entstehung elektrischer Ströme in lebenden Geweben. S. 218.
- Mises, R. v.: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik. S. 268.
- Neumann, R. O.: Küster, Lehrbuch der Botanik für Mediziner. S. 394.
- Niggli, P.: Groth, Paul, Elemente der chemischen und physikalischen Krystallographie. S. 268.
- Orlich, E.: Abraham, M., Theorie der Elektrizität. Bd. 2. Elektromagnetische Theorie der Strahlung. 4. Auflage. S. 777.
- Paneth, Fritz: Bein, Willy, Das chemische Element, seine Wandlung und sein Bau als Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung. S. 267.
- Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 3. Auflage. S. 576.
- Ludewig, P., Radioaktivität. S. 765.
- Poppenberg, O.: Kast, H., Spreng- und Zündstoffe. S. 231.
- Prager, R.: Diels, Hermann, Antike Technik. S. 270.
- Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Astronomie. S. 746.
- Pratje, A.: Schmid, Bastian, Von den Aufgaben der Tierpsychologie. S. 396.
- Pütter, A.: Harvey, E. Newton, The nature of animal light. S. 577.
- Lewin, L., Die Gifte in der Weltgeschichte. S. 161.
- Parker, G. H., The elementary nervous system. S. 796.
- Regener, E.: Graetz, L., Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Band I, Lieferung 3. S. 836.
- Reiche, F.: Planck, Max, Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie. S. 18.
- Planck, Max, Vorlesungen über Thermodynamik. 4. Auflage. S. 499.
- Reichenbach, Hans: Fürth, Reinhold, Schwankungserscheinungen in der Physik. S. 111.
- Exner, Franz, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. S. 414.
- Haas, Arthur, Das Naturbild der neuen Physik. S. 594.
- Lewin, Kurt, Die Verwandtschaftsbegriffe in Biologie und Physik und die Darstellung vollständiger Stammbäume. S. 51.
- Rinne, F.: Neumayr, M., und Fr. Ed. Suess, Erdgeschichte. 3. Auflage. S. 35.
- Rohr, M. v.: Die Entwicklung der Brille. VIII. S. 98.
- Rosenheim, A.: Ochs, Rudolf, Einleitung in die Chemie. 2. Auflage. S. 728.
- Scheel, Karl: Physikalische Berichte. S. 480.
- Schlick, M.: Dingler, Hugo, Physik und Hypothese. S. 778.
- Gehrcke, E., Physik und Erkenntnistheorie. S. 779.
- Schulz, Bruno: Andree, Karl, Geologie des Meeresbodens. S. 16.
- Defant, Albert, Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen. S. 596.
- Wegener, Alfred, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane (Originalaufsatz). S. 241.
- Seitz: Spitta, O., Grundriß der Hygiene. S. 15.
- Smekal, A.: Reiche, Fritz, Die Quantentheorie. S. 373.
- Steche, O.: Hertwig, Oscar, Allgemeine Biologie. 5. Auflage. S. 250.
- Stremme, H.: Wilser, J., Grundriß der angewandten Geologie. S. 1017.
- Thirring, Hans: Dingler, Hugo, Die Grundlagen der Physik. S. 373.
- Kopff, A., Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie. S. 777.
- Isenkrahe, C., Zur Elementaranalyse der Relativitätstheorie. S. 373.
- Tornquist, A.: Wilckens, O., Allgemeine Gebirgskunde. S. 36.
- Ubisch, G. v.: Goldschmidt, R., Einführung in die Vererbungswissenschaft. 3. Auflage. S. 66.
- Wangerin, W.: Engler, A., Das Pflanzenreich. S. 577.
- Weigert, Fritz: Plotnikow, Joh., Allgemeine Photochemie. S. 477.
- Weizsäcker, v.: Siebeck, Richard, Die Beurteilung und Behandlung der Nierenkranken. S. 497.
- Wilser, J.: Kayser, E., Abriß der allgemeinen und stratigraphischen Geologie. 2. Auflage. S. 597.
- Ruska, Julius, Methodik des mineralogisch-geologischen Unterrichts. S. 36.
- Schmidt, C. W., Geologisch-mineralogisches Wörterbuch. S. 576.
- Winkelmann, M.: Grammel, Richard, Der Kreiselpneumatik und seine Anwendungen. S. 455.
- Zangger, H.: Lewin, L., Die Kohlenoxydvergiftung. S. 159.
- Zsigmondy, R.: Ostwald, Wo., Grundriß der Kolloidchemie. 5. Auflage. S. 110.

Referate über Abhandlungen in Zeitschriften.

Biologisches.

- Abderhalden, E., und O. Schiffmann: Über die Wirkung der Fütterung mit Schilddrüsensubstanz auf Kaulquappen-Entwicklung und -Wachstum (Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 183, S. 197 bis 209, 1920). S. 240.
- Armbruster, L.: Bienen- und Wespengehirne (Arch. f. Bienenkunde Bd. 1, H. 5, 1920). S. 511.
- Baumgartel, O.: Das Problem der Cyanophyceenzelle (Arch. f. Protistenk. 41, 50—148). S. 668.
- Boeck, W. C.: Studies on *Giardia microti* (Univ. of Calif. public. in Zool. Bd. 19, 1919). S. 909.
- Boresch, K.: Ein neuer die Cyanophyceenfarbe bestimmender Faktor (Ber. d. D. Bot. Ges., 1920). S. 934.
- Ein Fall von Eisenchlorose bei Cyanophyceen (Ztschr. f. Bot. 13, 65, 1921). S. 934.
- Bovard, J. F.: The transmission of nervous impulses in relation to locomotion in the earthworm (Univ. of Cal. publ. in Zoolog. 18, 103—134, 1918). S. 621.
- Broemser, Ph.: Nervenleitungsgeschwindigkeit und osmotischer Druck (Ztschr. f. Biol. 72, 37—50, 1920). S. 669.
- Coker, R. E.: Die gegenwärtige Granogewinnung in Peru (Science S. 295—298, 1921). S. 554.
- Collins, J. L.: Inbreeding and crossbreeding in *Crepis capillaris* Wallr. (Univ. of Cal. Publ. in agricult. Scienc. Bd. 2, S. 205—216, 1920). S. 621.
- Czapek, Friedrich: Zur Kenntnis der silberreduzierenden Zellsbstanz in Laubblättern (Ber. d. D. Bot. Ges., Heft 7, 1920). S. 933.
- Delachaux, Th.: Ein neu entdeckter Süßwasser-Polychaete (Bull. de la Soc. Neuchat. des Sciences natur. Bd. 45, 1920). S. 103.
- Detzner, Hermann: Vier Jahre unter Kannibalen (Berlin 1920). S. 532.
- Dowling, John: Observations of Plantigrowth with the Recording Ultramicrometer (Nature 1921). S. 798.
- Drechsel: Über die oligodynamischen Erscheinungen bei pflanzlichen Organismen (Centralbl. f. Bakt. 53, 1921). S. 798.
- Dubois, Eugen: The Proto-Australian Man of Wadjak, Java (Proc. of the Roy. Academy of Amsterdam Bd. 23). S. 929.
- Dürck, H.: Die pathologische Anatomie der Malaria (Münch. mediz. Wochenschr. H. 2, S. 33—37, 1921). S. 909.
- Ernst, A.: Die Nachkommenschaft aus amphimiktisch und apogam entstandenen Sporen von *Chara crinita* (Ztschr. f. indukt. Abstgsl. 25, 1921). S. 637.
- Esterly, Calvin O.: Ursachen der vertikalen täglichen Wanderung verschiedener mariner Planktontiere (Univ. of California publ. in Zoology Bd. 19, S. 1—83, 1919). S. 580.
- Fawcett, H. S.: Einfluß der Temperatur auf das Wachstum gewisser parasitischer Pilze (Univ. of California Publ. in Agric. Scienc. 4, 183—232, 1921). S. 668.
- Gentner, Georg: Eine Bakteriose der Gerste (Zentralbl. f. Bakteriologie II. Abt., Bd. 50, Nr. 20/25, S. 428—441, 1920). S. 191.
- Gerretsen, F. C.: Über die Ursachen des Leuchtens der Leuchtbakterien (Zentralbl. f. Bakteriologie II. Abt., Bd. 52, H. 16/17, S. 353—373, 1920). S. 512.
- Goldschmidt, R.: Die Bedeutung der atypischen Spermatozoen (Arch. f. Zellforschung Bd. 15, H. 3, S. 291—300, 1920). S. 287.
- Die Spermatogenese eines parthenogenetischen Frosches (Arch. f. Zellforschung Bd. 15, H. 3, S. 283—290, 1920). S. 288.
- Untersuchungen über Intersexualität (Ztschr. f. indukt. Abstl. 23, 1920). S. 512.
- Der Melanismus der Nonne, *Lymantria monacha* L. (Ztschr. f. indukt. Abstl. 25, 1921). S. 908.
- Gruss, J.: Über ein neues Holz- und Vanillinreagens (Ber. d. D. Bot. Ges. Heft 10, 1920). S. 934.
- Haberlandt: Wundhormone als Erreger von Zellteilungen (Beitr. z. allg. Bot. 2, 1921). S. 799.
- Harms, W.: Über ein Nebennierenrinden-ähnliches Organ bei einem wirbellosen Tier [Phycosoma] (Zentralbl. f. Physiol. Bd. 34, 1920). S. 72.
- Hess, C. v.: Untersuchungen zur Physiologie der Stirnauge bei Insekten (Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 181, S. 1—16, 1920). S. 513.
- Jollos, V.: Experimentelle Vererbungsstudien an Infusorien (Ztschr. f. indukt. Abstl. 24, 1921). S. 381.
- Kofoid, Ch. A.: A new morphological interpretation of the structure of *Noctiluca* (Univ. of Calif. public. in Zool. Bd. 19, 1920). S. 909.
- and O. Swezy: Studies on the parasites of the termites (Univ. of Calif. public. in Zool. Bd. 20, 1919). S. 910.
- and O. Swezy: On the morphology and mitosis of *Chilomastix mesnili* (Wenyon) (Univ. of Calif. public. in Zool. Bd. 20, 1920). S. 910.
- Kolkwitz, R.: Kristallisiertes Chlorophyll (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, 245, 1920). S. 582.
- Kühn, Alfred: Untersuchungen zur kausalen Analyse der Zellteilung (Arch. f. Entwicklungsmech. d. Org. Bd. 46, H. 2/3, 1920). S. 285.
- Küster, Ernst: Botanische Betrachtungen über Alter und Tod (Abhandl. z. theoret. Biologie H. 10, 1921). S. 906.
- Lakon: Goethes physiologische Erklärung der Pflanzenmetamorphose als moderne Hypothese von dem Einfluß der Ernährung auf Entwicklung und Gestaltung der Pflanze (Beih. z. Bot. Zentralbl. 38, 1921). S. 982.
- Mc Culloch, Irene: A comparison of the life cycle of crithidia with that of *Trypanosoma* in the invertebrate host (Univ. of Calif. public. in Zool. Bd. 19, 1919). S. 909.
- Metzner, P.: Die induzierte Phototaxis bei *Paramecium caudatum* (Biochem. Ztschr. 113, 1921). S. 381.
- Mevius, Walter: Beiträge zur Physiologie kalkfeindlicher Gewächse (Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921). S. 800.
- Michaelis, L.: Der heutige Stand der allgemeinen Theorie der histologischen Färbung (Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. 94, S. 580—603, 1920). S. 580.

- Molisch, Hans: Über eine auffallende Farbenänderung einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure (Ber. d. D. Bot. Ges. Heft 1, 1921). S. 934.
- Über den Wasserkelch der Blütenknospe von *Aconitum variegatum* (Ber. d. D. Bot. Ges. Heft 10, 1920). S. 934.
- Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze (Ber. d. D. Bot. Ges. Heft 8, 1920). S. 933.
- Noack, Kurt: Orientierungsvermögen der Schaublütenstiele in der Gattung *Hydrangea* (Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921). S. 379.
- Osterhout, W. J. V.: The mechanism of injury and recovery of the cell (Science, 15. April 1921). S. 580.
- Prüß, B. O.: Hypophyse und Raynaudsche Krankheit (Münch. med. Wochenschr. Bd. 67, H. 45, 1920). S. 208.
- Pringsheim, E.: Zur Physiologie saprophytischer Flagellaten (Beitr. z. allg. Bot. 2, 1921). S. 637.
- Rackemann, Francis M.: Asthma, Heuschnupfen und verwandte Erscheinungen (Med. clin. of North-America Bd. 3, Nr. 4, S. 1065—1076, 1920). S. 223.
- Richter, C. M.: Die Abhängigkeit der Influenzapanemie von Hochdruckwetterlage (Arch. of internal medicine 27, 361—386, 1921). S. 581.
- Romeis, B.: Untersuchungen zur Verjüngungshypothese Steinachs (Münch. med. Wochenschr. 192, 600—603). S. 582.
- Schröder, Bruno: Über schlesische Characeen (Vortr. in d. Schles. Ges. f. Vaterl. Kultur). S. 667.
- Phytoplankton von Seen aus Mazedonien (Vortrag geh. i. d. bot. Sektion d. Schles. Gesellsch. f. Vaterl. Kultur am 25. November 1920). S. 907.
- Schulz, Helene: Über Korrelationen zwischen den Blütenteilen und den geotropischen Bewegungen der Blütschäfte (Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921). S. 379.
- Seiler, J.: Experimentelle Beeinflussung der geschlechtsbestimmenden Reifeteilung bei *Talaeoporia tubulosa* Retz (Arch. f. Zellforschung Bd. 15, 1920). S. 287.
- Stalfelt: Studien über die Periodizität der Zellteilung (Kgl. Sv. Vet. Ak. Handl. 62, 1921). S. 800.
- Stark, Peter: Über traumatotrope und haptotrope Reizleitungsvorgänge (Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921). S. 380.
- Stern, K.: Über polare elektronastische Erscheinungen (Ber. d. D. Bot. Ges. 39, 1921). S. 379.
- Swarth, Harry S.: Studie über die Gattung *Passerella*, den Fuchssperling (Univ. of California Public. of Zool. Bd. 21, 1920). S. 460.
- Szielasko, A.: Über die Gestalten der normalen und abnormen Vogeleier (Berlin 1921). S. 459.
- Taylor, C. V.: Demonstration of the function of the neuromotor apparatus in *Euplotes* by the method of microdissection (Univ. of Calif. public. in Zool. Bd. 19, 1919). S. 910.
- Tröndle: Untersuchungen über das Sinusgesetz bei der geotropischen Reaktionszeit von *Lepidium* (Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921). S. 638.
- Vogel und Zipfel: Beiträge zur Frage der Verwandtschaftsverhältnisse der Leguminosenknöllchenbakterien (Zentralbl. f. Bakt. 2. Abt. 54, 1921). S. 932.
- Warburg, O.: Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen (Biochem. Zeitschr. 100, 230—270; 103, 188—217, 1919). S. 397.
- Widmark, Erik M. P.: Über die Entdeckung der wirksamen Substanz der Schilddrüse (Svenska Läkartidn. 17, 242—246, 1920). S. 398.
- Wundsch, H. H.: Beiträge zur Frage nach dem Einfluß von Temperatur und Ernährung auf die quantitative Entwicklung der Süßwasserorganismen (Zool. Jahrb. 38, 1920). S. 668.
- Yocom, H. B.: The neuromotor apparatus of *Euplotes patella* (Univ. of Calif. public. in Zool. Bd. 18, 1918). S. 910.
- Ziegenspeck, H.: Spitzenwachstum der Wurzelhaarzellen (Ber. d. D. Bot. Ges. Heft 9, 1920). S. 933.

Nichtbiologisches.

- Adams, Ch. C.: The zoogeography of northwesternmost South America (The Geograph. Rev. S. 101, 1920). S. 532.
- Adams, W. S., A. H. Joy, G. Strömberg and C. G. Burwell: The Parallaxes of 1646 Stars derived by the spectroscopic method (Mound Wilson Observatory 199). S. 598.
- Alcock, F. J.: Past and present trade routes to the Canadian Northwest (Geograph. Rev. 10, 57—83, 1920). S. 781.
- Bernewitz, E.: Über die Dichten der Doppelsterne (Astr. Nachr. Bd. 213, S. 1). S. 597.
- Brown, R. M.: Five years of the Panama Canal (Geograph. Rev. 9, 191, 1920). S. 20.
- Butler, H. C.: Desert Syria, the land of a lost civilisation (The Geograph. Review, 9, 77—108, 1920). S. 54.
- Clapp, F. G.: Along and across the Great Wall of China (The Geograph. Rev. 9, 221—241, 1920). S. 118.
- Cohn, F.: Kleine Planeten (Astron. Nachr. Bd. 212, Nr. 5077). S. 175.
- Cooksey, C. D.: Die Röntgenspektren der Bleisotopen (Phys. Rev. 16, 327, 1920). S. 514.
- Drygalski, Erich von, und Robert Hartmeyer: Deutsche Südpolar-Expedition von 1901—1903. S. 779.
- Einstein, A.: Geometrie und Erfahrung (Festvortrag i. d. Pr. Akad. d. Wiss., 27. Jan. 1921). S. 435.
- Emden, E.: Sonnenatmosphäre und Einsteineffekt (Sitz.-Ber. d. Bayr. Akad. d. Wiss. 1920). S. 103.
- Etzold, F.: Die sächsischen Erdbeben während der Jahre 1907—1915 (Abh. d. math.-phys. Kl. d. sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. 36, S. 217—428, 1919). S. 222.
- Fairchild, F. R.: The problem of Santo Domingo (Geograph. Rev. 9, 121—138, 1920). S. 783.
- Found, Clifton G.: Ionisierungsspannungen einiger Gase (Phys. Rev. 16, 41, 1920). S. 20.
- Gabriel, R. H.: Geographic influences in the development of the menhaden fishery on the eastern coast of the United States (Geograph. Rev. 10, 91, 1920). S. 782.
- Hanke, Milton T., und Karl K. Koessler: Ist Histamin ein normaler Bestandteil der Hypophyse? (J. biol. Chem. 43, 557). S. 208.
- Harper, Roland M.: Swamp lands of Georgia (Geograph. Rev. S. 344, 1920). S. 459.
- Hertzsprung, E.: Die Bewegung der Magellanschen Wolken (Monthly Notices of the R. Astronom. Soc. Bd. 80, S. 782). S. 176.

- Hessen, K.: Über die Börgensche Methode der harmonischen Analyse der Meeresgezeiten (Ann. d. Hydrogr. S. 1—18, 73—94, 123—136, 177—186, 1920). S. 118.
- Huntington, Ellsworth: The adaptability of the white man to the tropics in Australia (Geograph. Rev. 10, 110, 1920). S. 783.
- Kramers, H. A.: Intensities of spectral lines and the application of the Quantum theory (Abh. d. Dän. Akad. d. Wiss. 1919). S. 69.
- Krenkel, E.: Forschungsexpedition in Deutsch-Ostafrika (Ber. d. math.-phys. Kl. d. Sächs. Akad. d. Wiss., 1919). S. 56.
- Kühnen: Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona, Swinemünde, Pillau, Memel und das Mittelwasser der Nordsee bei Bremerhaven in den Jahren 1898 bis 1910 (Veröff. d. Pr. Geodät. Inst. N. T. Nr. 70). S. 100.
- Luplau-Janssen, C., und G. Haach: Marsbeobachtungen im Jahre 1920 (Astron. Nachr. Bd. 202, Nr. 5082). S. 176.
- Mc. Cutcheon and Mc. Bride: Cotton Growing in South America (Geograph. Rev. Jan. 1920). S. 174.
- Marquardsen, Hugo: Angola (Berlin 1920). S. 458.
- Merz, A.: Die Oberflächentemperatur der Gewässer, Methoden und Ergebnisse (Veröff. d. Inst. f. Meeresk. Neue Folge, Reihe A, H. 5, 1920). S. 18.
- Die Strömungen des Bosphorus (Festband Albrecht Penck, 1918). S. 55.
- Metzner, P.: Über Verwendung intermittierender Beleuchtung zum Studium rasch verlaufender rhythmischer Vorgänge (Ztschr. f. Mikr. 36, 1919). S. 208.
- Michelson, A. A., und J. A. Anderson: Anwendungen von Interferenzmethoden in der Astronomie (Veröff. d. Mount-Wilson-Sternwarte Nr. 184 und 185). S. 104.
- Palm, A.: Ein absolutes Voltmeter für 250 000 Volt Effektivspannung (Ztschr. f. techn. Phys. 7, 137, 1920). S. 419.
- Pavel, F.: Das Doppelsternsystem 70 Ophiuchi (Astron. Nachr. Bd. 202, Nr. 5082). S. 176.
- Pixell-Goodrich, Helen L. M.: Über die Bestimmung des Alters bei Honigbienen (Quart. Journ. of Microscop. Science 64, Part. 2, 191—206, 1920). S. 398.
- Rauschelbach, H.: Über die in der Deutschen Seewarte in Hamburg benutzte deutsche Gezeitenrechenmaschine (Ann. d. Hydrogr. S. 93, 1921). S. 436.
- Richards, H. F.: Elektrizitätserregung durch Aufprall (Phys. Rev. 16, 1920). S. 514.
- Ross, F. E.: Bildkontraktionen und Verzerrungen auf photographischen Platten (Astrophys. Journ. Sept. 1920). S. 382.
- Schinz, R., und E. Schwarz: Brennfleckstudien (Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen vom 27. Jan. 1919). S. 175.
- Schmauss, A.: Die Wahrscheinlichkeit einer Wettervorhersage (Meteorol. Ztschr. H. 3/4, 1919). S. 175.
- Shapley, Harlow: Die Sterngruppe in der Nachbarschaft der Sonne (Proc. of the National Academy of Sciences Bd. 5). S. 224.
- Shelford, V. E.: Die biologischen Hilfsquellen der Gewässer Nordamerikas (Geograph. Rev. 9, 250, 1920). S. 19.
- Stebbins: Studie des Lichtwechsels von Algol (Astro-physic. Journ. 53, 105, 1921). S. 422.
- Stellmacher, Christine: Über den Einfluß von Luftdruck und Wind auf Hoch- und Niedrigwasser an der deutschen Ostseeküste (Ann. d. Hydrogr. S. 337—352, 377—396, 1920). S. 100.
- Stoney und Petrie: Erzeugung von Schallwellen unter Wasser (Engineering, 29. Oktob. 1920). S. 271.
- Tams, E.: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege (Zentralbl. f. Mineral., Geol. u. Paläontol. 1921). S. 862.
- Thomson, Elihu: A novel Magneto-optical Effect (Nature 23. Juni, 1921). S. 862.
- Verner, S. P.: The San Blas Indians of Panama (Geograph. Rev. 10, 23, 1920). S. 782.
- Volz, Wilhelm: Im Dämmer des Rimba (Breslau 1921). S. 72.
- Webster, David L.: Quantum emission phenomena in radiation (Phys. Rev. 16, 31, 1920). S. 20.
- Wente, J. C.: Selektive Reflexion von Wärmewellen durch Systeme linearer Resonatoren (Phys. Rev. 16, Serie II, 133, 1920). S. 419.
- Wichmann, H.: Die jüngsten amerikanischen Volkszählungen und ihre Lehren (Petermanns Mitt. S. 90, 1921). S. 555.
- Wilsing, J.: Messungen der Farben, Helligkeiten und Durchmesser der Fixsterne mit Anwendung der Planckschen Strahlungsgleichung (Publik. d. astrophys. Observat. Potsdam 24, Heft 3). S. 751.
- Wilson, H. A.: Elektromagnetische Bewegungsgröße (Phys. Rev. 16, 17, 1920). S. 20.
- Zon, Raphael: Forests and human progress (Geograph. Rev. 9, 139—166, 1920). S. 750.

Zuschriften an die Herausgeber und vorläufige Mitteilungen.

- Back E., Ein weiteres Zahlenmysterium in der Theorie des Zeemaneffektes. S. 199.
- Zur Theorie des Zeemaneffektes. S. 457.
- Bavink, B., Zur Richtigstellung. S. 457.
- Braun, Fritz, Die Mordlust der Kohlmeise (Parus major L.) im Lichte der Biologie. S. 431.
- Ciamician, G., Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der Atomstruktur. S. 993.
- Einstein, Albert, Zur Abwehr. S. 219.
- Elze, K., Erwiderung. S. 1053.
- Epstein, Paul S., Über die Polflucht der Kontinente. S. 499.
- Fajans, K., Erwiderung. S. 993.
- Fick, Rudolf, Bemerkungen über die Kathederanatomie. S. 1052.
- Gehrke, E., Über das Uhrenparadoxon in der Relativitätstheorie. S. 482.
- Die Erörterung des Uhrenparadoxons in der Relativitätstheorie. S. 550.
- Gerlach, Walter, Die Einleitung des Handbuchs der Radiologie. S. 651.
- Goudsmit, S., Relativistische Auffassung des Dubletts. S. 995.
- Grotian, Walter, Das L-Dublett des Neon. S. 1019.

- Gumbel, E. J., Zur Analysis der Absterbeordnung. S. 163.
 Hahn, Otto, Über ein neues radioaktives Zerfallsprodukt im Uran. S. 84.
 — Über den Ursprung von Uran Z. Anmerkung zu der obigen Mitteilung von M. C. Neuburger. S. 236.
 Höfer v. Heimhalt, H., Über Meermühlen. S. 67.
 Kauko, Yrjö, Über die Hydrolyse der Zellulose. S. 237.
 Knipping, Paul, Ionisierungsspannung der Halogenwasserstoffe. S. 667.
 Königsberger, J., Zur Polflucht der Kontinente von P. S. Epstein. S. 651.
 Kühn, A., Nachweis des simultanen Farbenkontrastes bei Insekten. S. 575.
 Küpfmüller, H., Erwiderung auf die Zuschrift des Herrn E. J. Gumbel. S. 163.
 Ladenburg, R., Die Einwirkung starker elektrischer Felder auf die Absorptionslinien des Natriumdampfes. S. 667.
 Meyer, Adolf, Über phylogenetische Ableitung. S. 376.
 Neuburger, M. C., Über den Ursprung von Uran Z₂ (Otto Hahns Uran Z). S. 235.
 Nölke, Fr., Über die Polflucht der Kontinente. S. 651.
 Petersen, Hans, Erwiderung. S. 377.
 Pringsheim, Ernst G., Theoretische Bakteriologie. S. 483.
 Rahn, Otto, Theoretische Bakteriologie. S. 374.
 Riebesell, P., Nochmals die Analysis der Absterbeordnung. S. 377.
 Study, E., Für Darwin. Ein Wort zu O. Hertwigs „Werden der Organismen“. S. 253.
 — Darwin und der Keplerbund. S. 650.
 Thirring, H., Erwiderung. S. 482.
 — Erwiderung. S. 551.
 Traube, J., Über die Wirkung von Arzneimitteln. S. 162.
 — Die Zweiphasentheorie des kritischen Zustandes. S. 252.
 Wächter, Friedrich, Ponderable Gase und Lichtäther. S. 250.
 Wanach, B., Die Polflucht der Kontinente. S. 859.
 Weiß, Paul, Zur vollkommenen lokalen Adaptation der Netzhaut. S. 993.
 Wohlstadt, R., Die Grundproben der Forschungsreise S. M. S. Planet 1906/1907. S. 1017.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

- Absorption, Bohrsche Theorie der Serienspektren zur Erklärung der —. S. 20.
 Aconitum variegatum, Über den Wasserkelch der Blütenknospe von —. S. 934.
 Algal, Studie des Lichtwechsels von —. S. 422.
 Alter, Botanische Betrachtungen über — und Tod. S. 906.
 — Über die Bestimmung des — bei Honigbienen. S. 398.
 Amerika, Geographisches aus —. S. 221.
 Anatomie, Die pathologische — der Malaria. S. 909.
 Angola. S. 458.
 Artbastarde, Die Verwertung der Mendelschen Spaltungsgesetze für die Deutung von —. S. 382.
 Asiatische Ortsnamen, Internationale Liste —. S. 862.
 Asthma, Heuschnupfen und verwandte Erscheinungen. S. 223.
 Astrophysikalisches Observatorium, Das neue — in Victoria. S. 654.
 Aufprall, Elektrizitätserregung durch —. S. 514.
 Baumwollkultur in Südamerika. S. 174.
 Betriebsspannung, Die kleinste — eines Lichtbogens. S. 102.
 Bienen, Honig-, Über die Bestimmung des Alters bei —. S. 398.
 Bienen- und Wespengehirne. S. 511.
 Bildkontraktionen und Verzerrungen auf photographischen Platten. S. 382.
 Biologische Hilfsquellen der Gewässer Nordamerikas. S. 19.
 Bleisotopen, Die Röntgenspektren der —. S. 514.
 Blütenteile, Über Korrelationen zwischen — und den geotropischen Bewegungen der Blüten-schäfte. S. 379.
 Bohrsche Theorie der Serienspektren zur Erklärung der Absorption. S. 20.
 Bosphorus, Die Strömungen des —. S. 55.
 Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. S. 906.
 Brennfleckstudien. S. 175.
 Characeen, Über schlesische —. S. 667.
 Chara crinita, Die Nachkommenschaft aus amphimiktisch und apogam entstandenen Sporen von —. S. 637.
 Chemische Eigenschaften der Legierungen. S. 619.
 Chilomastix mesnili (Wenyon), On the morphology and mitosis of —. S. 910.
 Chinesische Mauer, Von der —. S. 118.
 Chlor, Über die Isotopen des —. S. 437.
 Chlorophyll, Kristallisiertes —. S. 582.
 Coffein, Die große Bedeutung des —. S. 797.
 Crepis capillaris Wallr., Inbreeding and crossbreeding in —. S. 621.
 Cygni, Doppelsternsystem sehr kurzer Periode —. S. 421.
 Cyanophyceen, Ein Fall von Eisenchlorose bei —. S. 934.
 Cyanophyceenfarbe, Ein neuer, die — bestimmender Faktor. S. 934.
 Cyanophyceenzelle, Das Problem der —. S. 668.
 Cystoflagellata (Haeckel), A new morphological interpretation of the structure of Noctiluca, and its bearing on the status of the —. S. 909.
 Deutschland, Das Klima von —. S. 931.
 — Die Schneehäufigkeit —. S. 436.
 Deutsch-Ostafrika, Forschungsexpedition in —. S. 56.
 Doppelsterne, Über die Dichten der —. S. 596.
 Doppelsternsystem sehr kurzer Periode τ Cygni. S. 421.
 — Das — Ophiuchi 70. S. 176.
 Earthworm, The transmission of nervous impulses in relation to locomotion in the —. S. 621.
 Eingeborene an der Panamaenge. S. 782.
 Einsteineffekt, Sonnenatmosphäre und —. S. 103.
 Eisen, Röntgenspektrographische Untersuchungen an — und Stahl. S. 859.
 Eisenchlorose, Ein Fall von — bei Cyanophyceen. S. 934.
 Elektrizitätserregung durch Aufprall. S. 514.

- Elektromagnetische Bewegungsgröße. S. 20.
 Elemente, wasserstoffunähnliche, Über die Serienspektren —. S. 513.
 Entomologie, angewandte, Die 3. Tagung der Deutschen Gesellschaft für —. S. 907.
 Erdbeben, Rutschungen und — am Panamakanal. S. 20.
 — Die sächsischen — während der Jahre 1907 bis 1915. S. 222.
 Erfahrung, Geometrie und —. S. 435.
 Erscheinungen, Über polare elektronastische —. S. 379.
 Euplotes, Demonstration of the function of the neuromotor apparatus in — by the method of microdissection. S. 910.
 — patella, The neuromotor apparatus of —. S. 910.
 Färbung, histologische, Der heutige Stand der allgemeinen Theorie der —. S. 580.
 Farbenänderung, Über eine auffallende — einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure. S. 934.
 Fixsterne, Über die Durchmesser der —. S. 191.
 — Messungen der Farben, Helligkeiten und Durchmesser der — mit Anwendung der Planckschen Strahlungsgleichung. S. 751.
 Flagellaten, Zur Physiologie saprophytischer —. S. 637.
 Fließvorgänge beim Stangenpressen in Messing. S. 860.
 Fördermaschine, Die größte — der Welt. S. 861.
 Forschungsexpedition in Deutsch-Ostafrika. S. 56.
 Frosch, parthenogenetischer, Die Spermatogenese eines —. S. 288.
 Fuchssperling, Studie über die Gattung Passerella, den —. S. 460.
 Gasturbinenfrage, Der Stand der —. S. 190.
 Geißeln, Die Bewegungen der — und Wimpern niedriger Organismen. S. 208.
 Geographentag, Der XX. Deutsche — in Leipzig vom 16.—19. Mai 1921. S. 529.
 Geographische Namen, Internationale Liste —. S. 784.
 Geographisches aus Amerika. S. 221.
 Geometrie und Erfahrung. S. 435.
 Geotropische Bewegungen, Über Korrelationen zwischen den Blütenteilen und — der Blütschäfte. S. 379.
 Gerste, Eine Bakteriose der —. S. 191.
 Geschlechtsverhältnis, Die Frage nach der Möglichkeit einer experimentellen Verschiebung des —. S. 287.
 Gewächse, kalkfeindliche, Beiträge zur Physiologie —. S. 800.
 Gewässer, Über eine neue Methode zur Messung der Oberflächentemperatur der —. S. 18.
 Gezeiten, Meeres-, Die Ausführung der harmonischen Analyse der —. S. 118.
 Gezeitenrechenmaschine, Über die in der Deutschen Seewarte in Hamburg benutzte deutsche —. S. 436.
 Giardia microti, Studies on —. S. 909.
 Gleitboote, Die Ramuswirkung bei —. S. 103.
 Goethesche Metamorphosenlehre vom Standpunkt der modernen Physiologie. S. 982.
 Gravitationsfeld, Zur Ablenkung der Lichtstrahlen im — der Sonne. S. 192.
 Guanogewinnung, Die gegenwärtige — in Peru. S. 554.
 Helium, Das Spektrum des — im extremen Ultraviolett. S. 416.
 Heuschnupfen, Asthma, — und verwandte Erscheinungen. S. 223.
 Histamin, Ist — ein normaler Bestandteil der Hypophyse? S. 208.
 Hochdruckwetterlage, Die Abhängigkeit der Influenzapandemie von —. S. 581.
 Holz- und Vanillinreagens, Über ein neues —. S. 934.
 Honigbienen, Über die Bestimmung des Alters bei —. S. 398.
 Hydrangea, Orientierungsbewegungen der Schaublütenstiele in der Gattung —. S. 379.
 Hypophyse, Ist Histamin ein normaler Bestandteil der —? S. 208.
 — und Raynaudsche Krankheit. S. 208.
 Influenzapandemie, Die Abhängigkeit der — von Hochdruckwetterlage. S. 580.
 Infusorien, Experimentelle Vererbungsstudien an —. S. 380.
 Insekten, Untersuchungen zur Physiologie der Stirnauge bei —. S. 513.
 Interferenzmethoden, Anwendungen von — in der Astronomie. S. 104.
 Intersexualität, Untersuchungen über —. S. 512.
 Joddampf, Die Ionisation des —. S. 207.
 Ionisierungsspannungen einiger Gase. S. 20.
 Isotopen, Über die — des Chlors. S. 437.
 Kalkfeindliche Gewächse, Beiträge zur Physiologie —. S. 800.
 Kaltrecken, Änderung der Metalle durch —. S. 514.
 Kalziumlinien, Das Problem der ruhenden —. S. 483.
 Kanada, Northwest, Der Landverkehr in —. S. 781.
 Kannibalen, Vier Jahre unter —. S. 532.
 Kaulquappen-Entwicklung und -Wachstum s. Schilddrüsensubstanz. S. 240.
 Klima von Deutschland. S. 931.
 Kloet, Neue Insel im Kratersee des —. S. 784.
 Kohlensäurezersetzung, photochemische, Über die Geschwindigkeit der — in lebenden Zellen. S. 397.
 Konturen, Über die — optischer Bilder. S. 981.
 Kristallisiertes Chlorophyll. S. 582.
 Landverkehr in Northwest-Kanada. S. 781.
 Laubblätter, Zur Kenntnis der silberreduzierenden Zellsubstanzen in —. S. 933.
 Legierungen, Chemische Eigenschaften der —. S. 619.
 Leguminosenknöllchenbakterien, Beiträge zur Frage der Verwandtschaftsverhältnisse der —. S. 932.
 Lepidium, Untersuchungen über das Sinusgesetz bei der geotropischen Reaktionszeit von —. S. 638.
 Leuchtbakterien, Über die Ursachen des Leuchtens der —. S. 512.
 Lichtbogen, Die kleinste Betriebsspannung eines —. S. 102.
 Lichtkatalytische Vorgänge von physiologischer Bedeutung. S. 286.
 Lichtstrahlen, Zur Ablenkung der — im Gravitationsfelde der Sonne. S. 192.
 Lichtwechsel, Studie des — von Algal. S. 422.
 Lokomotive mit Turbinenantrieb. S. 437.
 Magellansche Wolken, Die Bewegung der —. S. 176.
 Magneto-optical Effect, A novel —. S. 862.
 Maifischfang an der atlantischen Küste Nordamerikas. S. 782.
 Malaria, Die pathologische Anatomie der —. S. 909.
 Marsbeobachtungen im Jahre 1920. S. 176.

- Mathematik, angewandte, Zeitschrift für — und Mechanik. S. 556.
- Mazedonien, Phytoplankton von Seen aus —. S. 907.
- Meeresgezeiten, Die Ausführung der harmonischen Analyse der —. S. 118.
- Melanismus der Nonne, *Lymantria monacha* L. S. 908.
- Mendelsche Spaltungsgesetze, Die Verwertung der — für die Deutung von Artbastarden. S. 382.
- Mensch, Der proto-australische —. S. 929.
- Messing, Fließvorgänge beim Stangenpressen in —. S. 860.
- Metalle, Änderung der — durch Kaltrecken. S. 514.
- Metamorphosenlehre, Goethesche — vom Standpunkte der modernen Physiologie. S. 982.
- Mikrochemie, Beiträge zur — der Pflanze. S. 933.
- Minatypus, Die Veränderlichen vom —. S. 669.
- Die Spektren der langperiodischen Veränderlichen vom —. S. 670.
- Mount Everest, Die geplante Besteigung des —. S. 530.
- Mount Wilson Observatory, Physikalisches aus dem Annual Report of the Director of the — 1920. S. 652.
- Mount-Wilson-Sternwarte, Die Tätigkeit der —. S. 437.
- Nebennierenrinden-ähnliches** Organ bei einem wirbellosen Tier (*Phycosoma*). S. 72.
- Nervenleitungsgeschwindigkeit und osmotischer Druck. S. 669.
- Nervous impulses, The transmission of — in relation to locomotion in the earthworm. S. 621.
- Netzplankton, tierisches, Verhältnis von Temperatur und Ernährung in ihrem Einfluß auf die Mengenentwicklung des —. S. 668.
- Neuromotor apparatus of *Euplotes patella*. S. 910.
- Noctiluca, A new morphological interpretation of the structure of —, and its bearing on the status of the *Cystoflagellata* (Haeckel). S. 909.
- Nonne, *Lymantria monacha* L., Der Melanismus der —. S. 908.
- Nordamerika, Die biologischen Hilfsquellen der Gewässer —. S. 19.
- Der Maifischfang an der atlantischen Küste —. S. 782.
- Nordgrönland, Fortsetzung des skandinavischen Gebirges über Spitzbergen und —. S. 784.
- Nordlicht in 600 km Höhe. S. 862.
- Norwegen, Neue Polarlichtforschungen in —. S. 223.
- Oberflächentemperatur**, Über eine neue Methode zur Messung der — der Gewässer. S. 18.
- Oberflächenwellen, seismische, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit — längs kontinentaler und ozeanischer Wege. S. 862.
- Okular, Das neue Zeißsche binokulare —. S. 749.
- Oligodynamische Erscheinungen bei pflanzlichen Organismen. S. 798.
- Ophiuchi, Das Doppelsternsystem — 70. S. 176.
- Optische Bilder, Über die Konturen —. S. 981.
- Orientierungsbewegungen der Schaublütentiele in der Gattung *Hydrangea*. S. 379.
- Osmotischer Druck, Nervenleitungsgeschwindigkeit und —. S. 669.
- Panamaenge**, Die Eingeborenen an der —. S. 782.
- Zur Kenntnis der —. S. 458.
- Panamakanal, Rutschungen und Erdbeben am —. S. 21.
- Parallaxes of 1646 Stars derived by the spectroscopic method. S. 598.
- Paramaccium caudatum*, Die induzierte Phototaxis bei —. S. 380.
- Parasiten und ihre Bedeutung für die Tiergeographie. S. 908.
- Parasites, Studies on the — of the termites. S. 910.
- Passerella, Studie über die Gattung —, den Fuchssperling. S. 460.
- Passungen, Einiges über —. S. 616.
- Periodizität, Studien über die — der Zellteilung. S. 800.
- Photographische Platten, Bildkontraktionen und Verzerrungen auf —. S. 382.
- Phototaxis, Die induzierte — bei *Paramaccium caudatum*. S. 381.
- Physikalisches aus dem Annual Report of the Director of the Mount Wilson Observatory 1920. S. 652.
- Physiologie, moderne, Goethesche Metamorphosenlehre vom Standpunkte der —. S. 982.
- Phytoplankton von Seen aus Mazedonien. S. 907.
- Pilze, parasitische, Einfluß der Temperatur auf das Wachstum gewisser —. S. 668.
- Plancksche Strahlungsgleichung, Messungen der Farben, Helligkeiten und Durchmesser der Fixsterne mit Anwendung der —. S. 751.
- Plancksches Strahlungsgesetz, Die Gültigkeit des —. S. 980.
- Planeten, Kleine —. S. 175.
- Planetoiden, Sicherstellung der Bahnen älterer. S. 175.
- Planktontiere, Ursachen der vertikalen täglichen Wanderung verschiedener mariner —. S. 580.
- Plantigrowth, Observations of — with the Recording Ultramicrometer. S. 798.
- Polargebiete, Die Abgrenzung der —. S. 516.
- Polarlichtforschungen, Neue — in Norwegen. S. 223.
- Polychaete, Süßwasser-, Ein neuentdeckter —. S. 103.
- Proto-australischer Mensch. S. 929.
- Quantentheorie**, Über neuere Arbeiten zum weiteren Ausbau der —. S. 69.
- Ramuswirkung** bei Gleitbooten. S. 103.
- Raynaudsche Krankheit, Hypophyse und —. S. 208.
- Reizleitungsvorgänge, Über traumatotrope und haptotrope —. S. 380.
- Resonatoren, lineare, Selektive Reflexion von Wellen durch Systeme —. S. 418.
- Rimba, Im Dämmer des —, Sumatras Urwald und Urmensch. S. 72.
- Röntgenspektren der Bleisotopen. S. 514.
- Röntgenspektrographische Untersuchungen an Eisen und Stahl. S. 859.
- Röntgenspektroskopie, Fortschritte auf dem Gebiete der —. S. 70.
- Röntgenstrahlen, Mitteilungen aus dem Gebiete der —. S. 948.
- Rümelin, Theodor. S. 190.
- Rutschungen und Erdbeben am Panamakanal. S. 20.
- Santo Domingo. S. 783.
- Schädigung, Mechanismus der — und der Wiederherstellung der Zelle. S. 580.
- Schallwellen, Erzeugung von — unter Wasser. S. 271.
- Schaublütentiele, Orientierungsbewegungen der — in der Gattung *Hydrangea*. S. 379.
- Schilddrüse, Über die Entdeckung der wirksamen Substanz der —. S. 398.
- Schilddrüsensubstanz, Über die Wirkung der Fütterung mit — auf Kaulquappen-Entwicklung und -Wachstum. S. 240.

- Schneehäufigkeit, Die — in Deutschland. S. 436.
 Seifenlösungen, Die Natur der —. S. 117.
 Seismische Oberflächenwellen, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit — längs kontinentaler und ozeanischer Wege. S. 862.
 Serienspektren, Über die — wasserstoffunähnlicher Elemente. S. 513.
 Serienspektren, Bohrsche Theorie der — zur Erklärung der Absorption. S. 20.
 Sinnpflanze, Die Bewegungen der —. S. 272.
 Sinusgesetz, Untersuchungen über das — bei der geotropischen Reaktionszeit von *Lepidium*. S. 638.
 Skandinavisches Gebirge, Fortsetzung des — über Spitzbergen nach Nordgrönland. S. 784.
 Sonne, Die Sterngruppe in der Nachbarschaft der —. S. 224.
 Sonnenatmosphäre und Einsteineffekt. S. 103.
 Sonnenoberfläche, Veränderungen der — und Witterungswechsel. S. 622.
 Spaltungsgesetze, Die Verwertung der Mendelschen — für die Deutung von Artbastarden. S. 382.
 Spectroscopic method, The Parallaxes of 1646 Stars derives by the —. S. 598.
 Spermatogenese eines parthenogenetischen Frosches. S. 288.
 Spermatozoen, atypische, Die Bedeutung der —. S. 287.
 Spiralnebel, Die beiden — N. G. C. 584 und 936. S. 176.
 Spitzbergen, Fortsetzung des skandinavischen Gebirges über — nach Nordgrönland. S. 784.
 Spitzenwachstum der Wurzelhaarzellen. S. 933.
 Stahl, Röntgenspektrographische Untersuchungen an Eisen und —. S. 859.
 Stangenpressen, Fließvorgänge beim — in Messing. S. 860.
 Starkeffekt, Neuere Aufnahmen des —. S. 205.
 Steinach, Untersuchungen zur Verjüngungshypothese —. S. 582.
 Stellarstatistik, Neue Untersuchungen zur —. S. 87.
 Sternparallaxen. S. 255.
 Stirnagen, Untersuchungen zur Physiologie der — bei Insekten. S. 513.
 Strahlungsgesetz, Die Gültigkeit des Planckschen —. S. 980.
 Strahlungsgleichung, Messungen der Farbe, Helligkeiten und Durchmesser der Fixsterne mit Anwendung der Planckschen —. S. 751.
 Strömungen des Bosphorus. S. 55.
 Stromboli, Die Besteigung des —. S. 55.
 Südamerika, Die Baumwollkultur in —. S. 174.
 — Die tiergeographische Gliederung des nordwestlichen —. S. 532.
 Südpolar-Expedition, Deutsche — von 1901 — 1903. S. 779.
 Sümpfe Georgias in den Vereinigten Staaten. S. 458.
 Süßwasser-Polychaete, Ein neuentdeckter. S. 103.
 Sumatras Urwald und Urmensch, Im Dämmer des Rimba —. S. 72.
 Syrische Wüste, Die — ein verödetes Kulturgebiet. S. 54.
 α -Teilchen, Neue Versuche über den Durchgang von — durch Materie. S. 417.
 Termites, Studies on the parasites of the —. S. 910.
 Tiergeographie, Parasiten und ihre Bedeutung für die —. S. 908.
 Tiergeographische Gliederung des nordwestlichen Südamerikas. S. 532.
 Tod, Botanische Betrachtungen über Alter und —. S. 906.
 Tropenklima und weiße Rasse. S. 783.
 Trypanosoma, A comparison of the life cycle of crithidia with that of — in the invertebrate host. S. 909.
 Tubinenantrieb, Lokomotive mit —. S. 437.
 Ultramicrometer, Observations of Plantigrowth with the Recording —. S. 798.
 Ultraviolett, Das Spektrum des Heliums im extremen —. S. 416.
 Urwald - Veld - Wüste. S. 240.
 Vanillinreagens, Über ein neues Holzreagens und —. S. 934.
 Veränderliche, Die Spektren der langperiodischen — vom Miratypus. S. 670.
 Veränderlichen, Die — vom Miratypus. S. 669.
 Vereinigte Staaten, Die Sümpfe Georgias in den —. S. 459.
 Vererbungsstudien, Experimentelle — an Infusorien. S. 381.
 Verjüngungshypothese, Untersuchungen zur — Steinachs. S. 582.
 Verschiebung, Die Frage nach der Möglichkeit einer experimentellen — des Geschlechtsverhältnisses. S. 287.
 Verwandtschaftsverhältnisse, Beiträge zur Frage der — der Leguminosenknöllchenbakterien. S. 932.
 Verzerrungen, Bildkontraktionen und — auf photographischen Platten. S. 382.
 Victoria, Das neue Astrophysikalische Observatorium in —. S. 654.
 Vögeleier, Über die Gestalten der normalen und abnormen —. S. 459.
 Volkszählungen, Die jüngsten amerikanischen — und ihre Lehren. S. 555.
 Voltmeter, Ein absolutes — für 250 000 Effektivspannung. S. 419.
 Wärmewellen, Selektive Reflexion von — durch Systeme linearer Resonatoren. S. 418.
 Wald und Mensch. S. 750.
 Wanderung, Ursachen der vertikalen täglichen — verschiedener mariner Planktontiere. S. 580.
 Wasserkelch, Über den — der Blütenknospe von *Aconitum variegatum*. S. 934.
 Wasserstand, Die periodischen und unperiodischen Schwankungen des — der Nord- und Ostsee, insbesondere der deutschen Ostseeküste. S. 101.
 Weiße Rasse, Tropenklima und —. S. 783.
 Wellenhöhe, Messungen der — auf dem Meere. S. 271.
 Wespen- und Bienenhirne. S. 511.
 Wettervorhersage, Die Wahrscheinlichkeit einer —. S. 175.
 Wiederherstellung, Mechanismus der Schädigung und der — der Zelle. S. 580.
 Wimpern, Die Bewegungen der Geißeln und — niederer Organismen. S. 208.
 Witterungswechsel, Veränderungen der Sonnenoberfläche und —. S. 622.
 Wolken, Magellansche, Die Bewegung der —. S. 176.
 Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. S. 799.
 Wurzelhaarzellen, Spitzenwachstum der —. S. 933.
 Zellsubstanzen, silberreduzierende, Zur Kenntnis der — in Laubblättern. S. 933.
 Zellteilung, Untersuchungen zur kausalen Analyse der —. S. 284.
 — Studien über die Periodizität der —. S. 800.
 Zellteilungen, Wundhormone als Erreger von —. S. 799.
 Zellulose, Die chemische Konstitution der —. S. 288.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 1. (Seite 1—24)

7. Januar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Das Verblühen der Blüten. Von *Hans Fitting*, Bonn. (Mit 11 Abbildungen.) S. 1.

Das Rotationsproblem in der Relativitätstheorie. Von *A. Kopff*, Heidelberg. (Mit 2 Abbildungen.) S. 9.

Besprechungen:

Müller, L. R., Das vegetative Nervensystem. Von *Leon Asher*, Bern. S. 15.

Spitta, O., Grundriß der Hygiene. Von *Seitz*, Leipzig. S. 15.

Laszar-Cohn, Ad. Stöckhardts Schule der Chemie oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Versuche. 22. Auflage. Von *R. J. Meyer*, Berlin. S. 16.

Andrée, Karl, Geologie des Meeresbodens. Von *Bruno Schulz*, Hamburg. S. 16.

Planck, Max, Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie. Von *F. Reiche*, Berlin. S. 18.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 18—21.
Über eine neue Methode zur Messung der Oberflächentemperatur der Gewässer (mit 1 Abbildung). Die biologischen Hilfsquellen der Gewässer Nordamerikas. Rutschungen und Erdbeben am Panamakanal. Bohrsche Theorie der Serienspektren zur Erklärung der Absorption. Ionisierungsspannungen einiger Gase. Elektromagnetische Bewegungsgröße.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften 1920. S. 21—24.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Die Gifte in der Weltgeschichte

Toxikologische, allgemeinverständliche Untersuchungen der historischen Quellen

von Professor Dr. L. Lewin

Preis M. 56.—; gebunden M. 68.— (und Sortimentszuschlag)

Aus einem an Erfahrungen, Forschen und Lehren reichen Leben heraus ist dieses Werk entstanden, und für andere, und auch für andere Zweige menschlichen Wissens ist es als Bereicherung gedacht.

Inhaltsübersicht:

Die Entwicklung, Verbreitung und Verwendung der Giftkenntnisse in alter Zeit — Die Vergiftungen in ihrer Erscheinung als Krankheiten — Die Behandlung der Vergiftungen in früheren Zeiten — Die Beziehung von Gesetzen zu Gift — Vergiftungen durch Ärzte oder Laien mittels Arzneien — Giftbeibringung auf absonderlichen Wegen — Selbstmorde durch Gift — Alter und Bedeutung der Arsenverbindungen als Gifte — Hervorragende, geschichtliche Menschen als Verüber oder Erdulder von Vergiftungen — Frauen als Giftkennerinnen und Vergifterinnen — Geistliche als Vergifter oder Opfer von Vergiftungen — Gifte als Kriegsmittel.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

Berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblener Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Sauerstoff- Desinfektion

der Mundhöhle zum Schutze gegen Ansteckungen (Grippe, Halsentzündung, Diphtherie, Scharlach usw.), sowie zur Erhaltung gesunder Zähne ist wirksam, bequem und ohne Nachteile ausführbar mittels

Perhydrit- Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen des Mundes und zum Gurgeln. Auch zur Wundreinigung geeignet.

Packungen mit 10, 25 und 50 Stück in den Apotheken und Drogerien.

(223 II)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Seeben erschien:

Grundriss der Hygiene

für Studierende, Ärzte, Medizinal- und Verwaltungsbeamte und in der sozialen Fürsorge Tätige

Von

Prof. Dr. med. **Oscar Spitta**

Geheimer Regierungsrat, Privatdozent der Hygiene an der Universität Berlin

Mit 197 zum Teil mehrfarbigen Textabbildungen

Preis M. 36.—; gebunden M. 42.80
(und Sortimentszuschlag)

*Siehe auch die Besprechung
auf Seite 15 dieser Nummer!*

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

7. Januar 1921.

Heft 1.

Das Verblühen der Blüten¹⁾.

Von Hans Fitting, Bonn.

I. Die Vorgänge des Verblühens.

Für die meisten Lebewesen ist Vergänglichkeit, Tod des Individuums oder einzelner seiner Teile geradeso bezeichnend wie ihre aufsteigende Entwicklung. So verdienen die Erscheinungen des Vergehens, was vielfach nicht genügend beachtet wird, ebenso eingehende Untersuchung, wie die der Entfaltung der organischen Gebilde, um so mehr als manche von ihnen mit einem der Grundprobleme des Lebens, dem Tode, in engster Beziehung stehen. Eine solche Gruppe von Vorgängen aus der richtig verstandenen Blüten„biologie“ im weiteren Sinne des Wortes — die nicht, wie bisher meist, mit der Untersuchung der so merkwürdigen Bestäubungseinrichtungen sich begnügen darf — soll den Gegenstand der folgenden Ausführungen bilden. Und zwar nicht nur wegen des allgemeinen Interesses, das das Verblühen der Blüten, ihre Postfloration, für den Blumenfreund und Gärtner, den Floristen und Pflanzenphysiologen hat, sondern auch deshalb, weil Forschungen des letzten Jahrzehntes unseren Einblick in diese Vorgänge wesentlich vertieft und zu Ergebnissen geführt haben, die auch für die allgemeine Entwicklungsphysiologie bedeutungsvoll zu sein scheinen.

Daß die Blumen das Los alles Schönen auf Erden teilen, dessen werden wir uns immer wieder schmerzlich bewußt, wenn wir mit Schnittblumen oder blühenden Topfgewächsen unsere Zimmer geschmückt haben, oder wohl auch, wenn wir Pflanzen sammeln und in der Botaniskapsel nach Hause tragen. Welche Veränderungen machen die Blüten beim Verblühen durch, und wodurch werden sie veranlaßt?

Schon oberflächliche Beschäftigung mit Blumen zeigt auch dem Laien, daß das Abblühen nicht nach einem einheitlichen Typus vor sich geht, sondern daß wie bei so vielen Erscheinungen des organischen Lebens verschiedene Mittel und Wege dabei eingeschlagen werden, und zwar selbst bei nahen Verwandten. Die Teile der Blüte, die Kelch-, Kron-, Staubblätter und die Fruchtblätter (die den Fruchtknoten zusammensetzen) sind, wie ja schon durch Goethes Metamorphosenlehre allgemeiner bekannt geworden ist und die Namen besagen, metamorphosierte, d. h.

¹⁾ Nach einem in der 75. Hauptversammlung des naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens am 9. Oktober 1920 gehaltenen Vortrage.

im Laufe der Stammesgeschichte umgebildete Laubblätter; wie andere Eigenschaften, teilen sie auch ihre Vergänglichkeit mit diesen. Auch der Laubblätter entledigen sich die Pflanzen bekanntlich zu Zeiten, und zwar ebenfalls auf verschiedene Weisen. Während die Laubblätter bei den Kräutern mit den Stengeln, an denen sie sitzen, absterben, indem sie mit diesen allmählich vertrocknen oder wohl auch verfaulen, werden sie bei den meisten Bäumen und Sträuchern in lebendem, unverwelktem Zustande durch einen aktiven Lebensvorgang abgestoßen; sie welken und sterben also erst infolge dieser gewaltsamen Abtrennung fern von der Pflanze. Die Loslösung der Blätter wird durch eine besondere Trennungsschicht vermittelt, die sich an der Basis der Blattstiele früher oder später meist erst dadurch ausbildet, daß eine Querschicht ausgewachsener Zellen wieder in Teilung eintritt. Sie wird so vollzogen, daß sich die dünnwandigen Zellen dieser Schicht, die unversehrt und lebend bleiben, durch Abrundung voneinander trennen, also nicht etwa durch passive Zerreißen lebender Zellen durch Sturmwind und andere äußere Einflüsse hervorgerufen. Ob die Abrundung der Trennungszellen gegeneinander durch Wachstum oder durch Turgorschwellung oder beides zustande kommt, ob und inwieweit für den Trennungsvorgang zuvor eine fermentative Verschleimung der Mittellamellen zwischen diesen Zellen erforderlich ist, ist noch nicht völlig geklärt. Bei dieser Abstoßung der lebenden Blätter handelt es sich also um eine Art von „Autotomie“, wie sie mit anderer Mechanik auch im Tierreiche vorkommt, um einen Vorgang, den ich (1911, S. 248 ff.) als Chorismus bezeichnet habe. Nur in seltenen Fällen, wie etwa bei den Eichen und der Buche, werden die Blätter nicht lebend abgestoßen, sondern bleiben in vertrocknetem Zustande bei uns lange Zeit an den Bäumen sitzen, um erst bei der Knospenentfaltung im Frühling abzufallen. Der Abstoßung der Blätter pflegt (ausgenommen z. B. bei den Erlen) eine auffällige Verfärbung des Laubes vorauszugehen, die man bei uns die herbstliche nennt. Sie kommt durch Zersetzung der Chlorophyllkörner und des Blattgrüns, außerdem aber auch durch Bildung von Farbstoffen zustande, und zwar gelben, die teils zu den in Wasser unlöslichen Carotin und Xanthophyllen gehören, teils in ihrer chemischen Zusammensetzung noch unbekannt und in Wasser löslich sind, und häufig auch roten Anthocyanen, worauf die Rötung des

Laubes beruht. Der Verfärbung wieder geht voraus und parallel die Verarmung des Protoplasmas der Blattzellen und hiermit verbunden eine Auswanderung wertvoller Blattstoffe in den Stengel, vor allem der stickstoffhaltigen, Eiweißstoffe, der Phosphorproteide sowie eines Teiles des Kaliums, während andere Stoffe, wie die Zellwandsubstanzen, ferner das Kalzium, Magnesium und andere Aschenbestandteile zurückbleiben.

Ähnlicher Art sind die Methoden, mit Hilfe deren sich die Pflanzen der Blütenteile entledigen, wenn diese ihre Funktionen, also ihre Lebensaufgaben erfüllt haben. Folgende Hauptwege lassen sich dementsprechend unterscheiden, die aber durch Übergänge verbunden sind und nicht selten in ein und derselben Blüte bei ihren verschiedenen Teilen nebeneinander vorkommen:

1. Die Blütenteile werden lebend durch Chorismus abgestoßen; man sagt alsdann wohl, die Blüte „entblättert sich“. Das geschieht ganz ähnlich wie bei den Laubblättern in sehr kleinzelligen Trennungsschichten aus plasmareichen runden Zellen, die aber nicht, wie zumeist bei den Laubblättern, erst vor dieser Selbstverstümmelung durch Teilungen aus Dauerzellen entstehen, sondern schon von Anfang an vorgebildet sind. Der Abstoßungsvorgang selbst kann sich innerhalb weniger Sekunden oder Minuten vollziehen, wie wir noch sehen werden, und zwar solange die Blütenteile noch völlig lebensfrisch und unverändert, also ungealtert erscheinen. So ist es bei den Blütenblättern der Mohngewächse, vieler Rosaceen (wie etwa der Birn-, Apfel-, Pflaumen-, Mandel-, Aprikosen-, Pfirsich- und Quittenbäume, der Erdbeeren und Rosen), der Storchschnabel- (*Geranium*-) und Reiherschnabel- (*Erodium*-) Arten, der Pelargonien, bei vielen Ranunkeln, den Magnolien, Leinarten, den Myrten, vielen Doldenpflanzen, den Azaleen, Scrophulariaceen, z. B. den Königskerzen (*Verbascum*), den Ehrenpreisen (*Veronica*), dem Fingerhut (*Digitalis*), bei manchen Lippenblütlern (etwa den Bienensaug- [*Lamium*-] Arten), dem Boretsch, den Fuchsien und vielen anderen. Oder aber die Blütenteile welken vor der Abstoßung zunächst mehr oder weniger von ihren Spitzen her, womit eine stärkere oder schwächere Verfärbung Hand in Hand gehen kann, so bei den Tulpen, Lilien, Kaiserkronen (*Fritillaria*), bei *Iris ensata*, der Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), den meisten Kreuzblütlern (wie etwa den Levkojen, dem Goldlack [*Cheiranthus Cheiri*]), den Löwenmäulchen, vielen Lippenblütlern (*Labiata*), den Kürbis- und manchen Nachtschattengewächsen u. a.

2. Bei wieder anderen Pflanzen werden die Blütenteile überhaupt nicht oder jedenfalls nicht lebend abgestoßen, sondern verfärben sich, welken, vertrocknen und bleiben trocken und verschrumpft an der heranreifenden Frucht kürzere oder längere Zeit sitzen; in diesem Falle können sie wohl bei einigen Pflanzen, vielfach nachdem

sie vor ihrem Tode noch mancherlei anatomische Umdifferenzierungen durchgemacht haben, neue Funktionen übernehmen, nämlich etwa als Verbreitungsmittel der reifen Früchte dienen. Nach diesem Typus blühen die Blüten ab bei den Maiblumen, Narzissen, Orchideen, bei den meisten Schwertlilien (*Iris*), bei den Kleearten (*Trifolium*), der *Erica*, dem Heidekraut (*Calluna*), vielen Nelkengewächsen (*Caryophyllaceen*), wie den Nelken selbst, wohl auch den Veilchen und Stiefmütterchen, beim Tabak, den Petunien und vielen Korbblütlern, z. B. den Asten. Die Ablösung der vertrockneten Blütenteile schließlich kann, falls sie überhaupt eintritt, wieder in verschiedener Weise vollzogen werden: durch eine Art Trennungsschicht sowohl bei den meisten Korbblütlern oder oft auch rein passiv dadurch, daß die schwellenden Früchte sie abreißen, so bei den Malven, dem Tabak, den Petunien, wohl auch vielen Schmetterlingsblütlern, Winden (*Convolvulaceen*) u. a.

Mancherlei Verschiedenheiten im Abblühvorgang ergeben sich, je nachdem welche Blütenteile, in welcher Reihenfolge und wie sie verblühen. Bald werden die ganzen Blüten abgeworfen, und zwar 1. lebensfrisch, z. B. die männlichen Blüten vieler Gewächse, etwa des Bingelkrautes (*Mercurialis annua*), der so häufig kultivierten Schiefblätter (*Begonien*), oder die unbefruchtet gebliebenen Zwitterblüten, so bei manchen tropischen Orchideen (z. B. *Liparis latifolia* Lindl. und anderen, vgl. meine in 1909 S. 4 mitgeteilten Beobachtungen), oder 2. nach zuvorigem Welken, wie etwa die männlichen Blüten der Kürbisgewächse; bald trennt sich der oberständige Teil der Blüte als einheitliches Ganze von dem unterständigen Fruchtknoten völlig lebensfrisch z. B. bei den Fuchsien, stark gewelkt bei den Nachtkerzen (*Oenotheren*) und bei den Weidenröschen (*Epilobiumarten*). Bald wird der Kelch vor den Blütenblättern (Mohngewächse), bald mit ihnen gleichzeitig (Ranunkeln, Kreuzblütler, Balsaminen, *Impatiens Noli me tangere* „Kräutchen rühr mich nicht an“) abgestoßen. In wieder anderen Fällen entledigt sich die Pflanze nur der Blütenblätter durch Chorismus, während die Kelchblätter, grün oder vertrocknend, sowie die Staubgefäße vertrocknend sitzen bleiben, so bei vielen Rosaceen (den Erdbeeren, Birnen, Rosen usw.), den Storchschnabelgewächsen, dem Lein; oder nur der Kelch bleibt erhalten und die Staubblätter werden vor, mit oder nach den Blütenblättern abgetrennt. Auch die Griffel werden nach der Befruchtung bald lebend abgeworfen, bald bleiben sie vertrocknend auf den Fruchtknoten erhalten.

In allen den Fällen, wo die Blütenteile nicht lebensfrisch abgestoßen werden, sind von ganz besonderem Interesse die Veränderungen, die in ihnen vor sich gehen. Es handelt sich dabei um sehr eigenartige, übrigens noch wenig untersuchte Absterbeerscheinungen, die dem Verständ-

nis dadurch nicht näher gebracht werden, daß man sie den „nekrobiotischen“ Vorgängen zu zählt. Es sind ausgesprochene Fälle des Partialtodes, wie *R. Hertwig* die auch bei Tieren verbreitete Selbsterstörung oder -abtötung einzelner Teile des lebenden Körpers zu nennen vorgeschlagen hat. Diese Alters- und Absterbevorgänge bestehen zunächst einmal in der schon erwähnten Farbänderung der Blütenteile: in einem Vergilben oder Abblassen oder in einem Farbumschlage, z. B. besonders häufig von blau oder violett in rot, was ein Auftreten von Säuren im Zellsaft anzeigt, gelegentlich wohl auch umgekehrt in dem Umschlag von roten in violette oder bläuliche Töne, der durch Entsäuerung des Zellsaftes bedingt wird. Bei den alternenden Blüten des Lungenkrautes (*Pulmonaria*) und des *Lathyrus vernus* ist dieser Farbenwandel der in der Jugend roten Blütenfarbe in blau ganz besonders auffallend. Er ist ein deutliches Anzeichen für irreversible chemische Vorgänge⁴⁾, die wohl mit dem Altern in den lebenden Blüten sich einstellen. Ein nächster Schritt zum Tode, der schon während des Farbenwandels der alternenden Blütenteile sich bemerkbar machen kann, besteht alsdann in einem allmählichen Welken und Einschrumpfen, womit nicht selten der Austritt des Zellsaftes aus den Zellen in die Interzellularräume oder auch nach außen verbunden ist. Man sagt in diesem Fall, der z. B. sehr auffallend ist in den großen blauvioletten Blumenblättern der Schwertlilien oder in den Blütenblättern von *Hemerocallis* und *Cucurbita* (Kürbis), daß die sterbenden Blütenteile „matsch“ werden. Dieser Saftaustritt zeigt an, daß die Undurchlässigkeit des Zellplasmas abgenommen hat oder aufgehoben ist, wie es ja beim Tode lebender Zellen früher oder später einzutreten pflegt. Ob in den Blüten diese Aufhebung der Plasmaundurchlässigkeit Folge des Zelltodes oder umgekehrt der Tod die Folge jener ist, läßt sich noch nicht sagen. Vielleicht kommt auch schon das Welken und Schrumpfen in erster Linie durch solchen Saftaustritt aus den Zellen zustande. Jedenfalls aber ist keine Rede davon, daß die heranwachsenden Früchte den Tod der anderen Blütenteile bedingen, indem sie diese aussaugen, wie man wohl gelegentlich liest; denn die Absterbevorgänge verlaufen in ganz gleicher Weise auch bei unbefruchteten Blüten. Jedoch ist es mir

⁴⁾ Bei *Erodium grinum* und *ciconium* konnte ich (1912) aber auch einen sehr merkwürdigen reversiblen Farbenwandel in den Blüten nachweisen, der allerdings mit dem Altern der Blüten nichts zu tun hat, sondern durch einen Außenfaktor, die Wärme, hervorgerufen wird. Erwärmung, auch nur um wenige Grade, wandelt nämlich fast augenblicklich, in ganz wenigen Sekunden, die blaue Blütenfarbe in Weinrot und schließlich in ein ganz helles Rosa um, und zwar ebenso leicht in lebenden wie in toten Blütenblättern. Bei Abkühlung kehrt dagegen allmählich immer stärker die blaue Farbe zurück. Einer jeden Temperatur entspricht als Gleichgewichtszustand ein besonderer Farbenton der Blüte.

durchaus nicht unwahrscheinlich, daß wenigstens dann, wenn die sterbenden Blütenteile noch längere Zeit an der Pflanze sitzen bleiben, bei manchen Gewächsen vor dem Absterben Stoffe aus ihnen auswandern. Darauf deutet wenigstens meine Beobachtung hin (1909, S. 4 ff.), daß in den Blumenblattzellen der tropischen Orchidee *Rhynchostylis retusa* vor und mit dem Welken das Plasma verarmt.

Beachtung verdienen ferner bei sehr vielen Blüten Komplikationen des Abblühvorganges, die darin bestehen, daß die Blüten, ehe sie abblühen, zunächst sich mehr oder weniger schließen. So ist es z. B. bei den Schwertlilien, bei vielen, doch nicht allen Orchideen (Fig. 1—5, 6—9), bei den Malvengewächsen, den meisten Kreuzblütlern,



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

Phalaenopsis amabilis, Blüte tags zuvor geöffnet, $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

Fig. 1. Von vorn, Fig. 2 von der Seite, vor der Bestäubung.

Fig. 3. Von vorn, Fig. 4 von der Seite, 24 Stunden nach der Bestäubung.

Fig. 5. Von der Seite, 48 Stunden nach der Bestäubung.

bei *Oenothera*, *Epilobium*, *Hemerocallis*, vielen Kakteen, Korbblütlern u. a. Diese Schließ- oder Einrollungsbewegungen der Blütenblätter sind wiederum, wie die Chorismen, ausgesprochene Lebensvorgänge; sie können unter Umständen in kurzer Zeit, in wenigen Stunden, sich vollziehen. In manchen Fällen beruhen sie, wie *Wacker* (1911, S. 528 ff.) durch Messungen an Iris- und *Hemerocallis*blüten ermittelt hat, darauf, daß das Wachstum auf der konvex werdenden Seite gegenüber der konkaven beschleunigt ist. In anderen scheint jedoch, nach orientierenden Messungen von mir (1909, S. 9) an einer tropischen Orchidee (*Phalaenopsis amabilis*, vgl. Fig. 1—5), die Schließbewegung durch Verkürzung der konkav werdenden Seite bewirkt zu werden. Ihr kann alsdann die Abstoßung der Blütenteile oder ihr Welken oder beides auf dem Fuße folgen.

Noch merkwürdiger sind weitere Komplikationen im Abblühvorgang, die darauf beruhen, daß

die Blüte anders verblüht, wenn sie unbefruchtet vergeht, als wenn sie befruchtet worden ist. Im letzteren Falle kann nämlich das Schicksal einzelner Blütenteile ein ganz anderes sein; besonders auffällig z. B. bei gewissen tropischen Orchideen, wie bei *Phalaenopsis violacea* (vgl. auch Winkler 1906) mit wunderbar schönen, teils violetten, teils weißen Blüten: Werden sie nicht befruchtet, so schließen sie sich (vgl. Fig. 6—8), vergilben, welken und fallen nach einer Anzahl Tagen schließlich ab. Werden sie aber befruchtet, so schließen sie sich zwar auch, beginnen zu vergilben und zu welken; hierauf aber färben sie sich allmählich intensiv grün, werden wieder



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.

Phalaenopsis violacea, Blüte tags zuvor erblüht, $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

Fig. 6. Von vorn, Fig. 7 von der Seite, vor der Bestäubung.

Fig. 8. Von der Seite, 3 Tage nach der Bestäubung.

Fig. 9. Heranreifende Frucht mit völlig vergrünem Perianth.

prall, wachsen auch wieder und bleiben bis zur Fruchtreife in lebendem, vergrünem Zustande erhalten (Fig. 9). Ähnlich ist es bei anderen tropischen Orchideen (vgl. die Angaben bei mir 1909, S. 6 u. 1910, S. 229 ff.). Gleiche Verschiedenheiten sind für die Griffel vieler tropischer Orchideen bezeichnend: ohne Befruchtung vergilben sie und welken; infolge der Befruchtung vergilben sie zunächst zwar auch, hierauf aber oder gleichzeitig schwellen sie gewaltig an (vgl. Fig. 10, 11), vergrünen und bleiben lange Zeit auf dem heranreifenden Fruchtknoten sitzen (vgl. 1910, S. 233 ff.). Auch bei der Monokotylen *Eucomis* sollen nach Wacker (1911, S. 536) die braunen Perigonblätter (nach der Befruchtung?) vergrünen. Noch andere Veränderungen, auch anatomischer Art, kann die Blumenkrone oder der Kelch infolge der Befruchtung und ausschließlich durch sie erfahren, worauf hier indessen nicht weiter eingegangen werden soll, so beachtenswert

diese Vorgänge in entwicklungsphysiologischer Beziehung auch sein mögen. —

II. Die Bedingungen des Verblühens.

Wodurch werden nun alle diese bisher behandelten Abblühvorgänge veranlaßt? Zunächst zeigt genauere Beobachtung ganz offensichtlich, daß eine jede Art ihre ganz spezifische absolute Blütendauer hat, ebenso übrigens, wie die Lebensdauer der Laubblätter spezifisch ist: Während letztere bei den sommergrünen Gewächsen unserer Breiten nur einer Vegetationsperiode, also einigen Monaten zu entsprechen pflegt, beträgt sie bei den sog. immergrünen mehrere Jahre. Auch die Lebensdauer der Blüten ist sehr verschieden. Neben Pflanzenarten, bei denen die vielleicht prächtig gefärbten und gestalteten Blumen zum Schmerz jedes Blumenfreundes nach ihrer Eröffnung nur ganz wenige Stunden eines Tages sich halten, gibt es andere, bei denen sie 2, 3 oder mehrere Tage dauern, bis zu solchen schließlich, wie z. B. tropischen Orchideen, bei

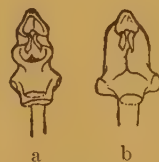


Fig. 10.

Fig. 10. *Phalaenopsis amabilis*, nat. Größe.

a) Normaler Griffel mit Narbenhöhle, von vorn.

b) 6 Tage nach der Bestäubung.

Fig. 11. *Arachnanthe Sulingi* (Orchidee), $\frac{4}{5}$ nat. Größe.

a) Fruchtknoten und Griffel mit Narbenhöhle vor der Bestäubung, von vorn.

b) Fruchtknoten 7 Tage nach der Bestäubung.

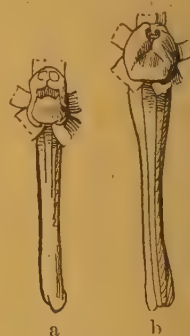


Fig. 11.

denen sie 2—3 Monate frisch bleiben. Aus Kerner (1891, S. 209) entnehme ich folgende Angaben, die auf ihre Richtigkeit zum Teil wohl noch nachgeprüft werden müßten. Die Blumen blühten bei *Hibiscus Trionum* nur 3 Stunden, bei *Cereus nycticalus* 5, *C. grandiflorus* (der Königin der Nacht) 7, *Mirabilis longiflora* 7, *Erodium cicutarium* 8, *Cistus creticus* 12, *Hemerocallis fulva* 14 Stunden, bei *Geranium pratense* 2, *Fritillaria Meleagris* 5, *Digitalis purpurea* 6, *Hemerocallis flava* 6, *Lilium album* 6, *Pelargonium zonale* 7, *Cyclamen europaeum* 10, bei den viel in Gewächshäusern kultivierten tropischen Orchideen *Cattleya labiata* 30, *Cypripedium insigne* und verschiedenen *Odontoglossum*-arten 40, *Phalaenopsis grandiflora* 50, *Oncidium cruentum* 60, bei *Odontoglossum Rossii* gar 80 Tage. Selbst bei nahe verwandten Pflanzen, wie etwa bei den beiden *Hemerocallis*-arten, ist also die Blütendauer recht verschieden. Das gilt auch für die

Orchideen; neben vielen Arten mit ungewöhnlich langer Blütendauer gibt es auch solche, deren Blüten gar nur wenige Minuten frisch sind, wie nach *Kränzlin* (1910, S. 10) bei *Desmotrichum appendiculatum* Bl., oder jedenfalls schon im Laufe eines einzigen Tages abblühen, wie u. a. bei dem interessanten *Dendrobium crumenatum*, das deshalb besonders berühmt ist, weil seine Exemplare eines Verbreitungsgebietes periodisch in unregelmäßigen Abständen von Wochen oder Monaten alle auf einmal an ein und demselben Tage wie auf Verabredung ihre sämtlichen Blüten öffnen und wieder schließen. In vielen Fällen dürfte die so sehr verschiedene spezifische Blütendauer mit der Bestäubungswahrscheinlichkeit der Blüten zusammenhängen: ist sie groß, so „brauchen“ die Blumen nicht lange zu dauern; ist sie dagegen, wie bei den Orchideen, gering, so ist lange Blütendauer nützlich, weil dadurch die Chancen der Befruchtung zunehmen. Daß diese Erklärung aber oft versagt, zeigt schon das erwähnte *Dendrobium crumenatum*, bei dem die Bestäubungswahrscheinlichkeit nach meinen Beobachtungen in Buitenzorg nicht größer zu sein scheint, als bei anderen tropischen Orchideen mit langer Blütendauer. Das Abblühen nach Ablauf der spezifischen Blütendauer tritt aus uns unbekannten inneren Gründen ein: bei gewissen Gewächsen ist es wahrscheinlich, daß die Bedingungen dafür in den alternden Blütenteilen selbst zu suchen sind; bei anderen gehen wir wohl nicht fehl mit der Annahme, daß, wie in so vielen anderen Fällen eines Partialtodes, die Postfloration durch Wechselwirkungen oder Korrelationen übrigens uns unbekannter Art mit den übrigen Teilen der Pflanze hervorgerufen wird.

Für die praktische Verwendung der Blumen zum Zimmerschmuck ist die Kenntnis ihrer Lebensdauer von großer Wichtigkeit: ephemere Blüten und solche von nur ganz wenigen Tagen Dauer werden sich natürlich dazu viel weniger eignen als solche von langer Dauer. Aber auch diese halten nicht immer die etwa im Freiland erprobte Blütendauer ein, sondern gehen im Zimmer früher zugrunde. Das erklärt sich einmal in sehr einfacher Weise daraus, daß die spezifische absolute Blütendauer eben keine ein für allemal gegebene Größe ist, sondern, wie alle anderen Lebenserscheinungen, von den Faktoren der Außenwelt stark beeinflusst wird; so vor allem durch das Ausmaß von Wärme. In der Kälte, wo fast alle Lebensvorgänge wechselwarmer Lebewesen sehr langsam ablaufen (und zwar um so langsamer, je tiefer die Temperaturen sind), also z. B. bei kühlem Wetter, ist die spezifische Blütendauer länger als an heißen Tagen. Daher die altbewährte Vorschrift: wenn man sich der Blumen im Zimmer lange erfreuen will, so stelle man sie möglichst kühl, zum mindesten des Nachts (im Winter etwa zwischen die Doppelfenster).

Weit merkwürdiger ist aber die Tatsache, daß viele Blüten auch vorzeitig im eigentlichen Sinne

des Wortes abblühen können, d. h. also lange ehe die spezifische Lebensdauer für die bestimmte Temperatur erreicht ist. In diesem Fall sind es äußere Einflüsse, die das Abblühen vorzeitig hervorrufen; und diese Anlässe kann man durch Versuche ermitteln. Weit aus der wichtigste Anlaß für vorzeitige Postfloration bei vielen, wenn auch längst nicht allen Gewächsen ist die Bestäubung und Befruchtung der Blüten, wie schon *Gärtner* (1844, S. 53, S. 217 ff., S. 372 ff.) beobachtet hat⁴⁾, wenn auch viele seiner Angaben ebenso wie einige entsprechende in *Kerners Pflanzenleben* (1891, S. 284 ff.) dringend der Nachprüfung bedürfen. Ganz sicher festgestellt ist der Einfluß der Bestäubung von *Hildebrand* (1863), *Guignard* (1886) und mir (1909, 1910) für viele tropische Orchideen, ferner von mir (1911, S. 227 ff.) für die Geraniaceen *Geranium pyrenaicum*, *Erodium Manescavi* und wohl auch für die Boraginacee *Borago* (Boretsch); kürzlich berichtete *Laibach* (1920) Ähnliches für die Labiate *Origanum vulgare* (den einheimischen Majoran). So beginnen z. B. die großen weißen Blüten der Orchidee *Phalaenopsis amabilis*, deren unbefruchtete Blumen selbst in dem heißen Klima Buitenzorgs auf Java einige Wochen blühen, sich schon 12 Stunden nach der Bestäubung zu schließen, und zwar auch dann, wenn sie soeben erst aufgeblüht sind, die anderer tropischer Orchideen nach einigen Tagen, während die Blumenkronen des Boretsch schon nach 2—7 Stunden, die Blütenblätter bei dem genannten *Geranium* gar schon nach 1—1½ Stunden, bei dem *Erodium* aber bereits nach 40—60 Minuten fallen. Die Blütenteile stellen ihr Wachstum ein, und darauf blühen die Blumen infolge einer Entwicklungsumschaltung (1909, S. 74) ganz so ab, wie am Ende ihrer spezifischen Blütendauer.

Welcher Art ist der Einfluß der Bestäubung? Darauf geben klare Antwort Versuche von mir (1909—1911), die zeigen, daß die Blütendauer vorzeitig auch durch ganz andere Außeneinflüsse sehr auffällig abgekürzt werden kann. So vergehen die Blumen bei einer Anzahl solcher tropischer Orchideen, die durch Bestäubung vorzeitig abblühen, und nur solcher, nicht später und nicht anders, wenn man die Narben durch Einstiche oder Einschnitte oder durch Abwischen der Narbenpapillen auch nur ein wenig verwundet (1909, S. 21 ff.); ebenso fallen die Blütenblätter bei *Erodium Manescavi* (aber nicht bei *Geranium pyrenaicum* oder *Borago officinalis*) bereits nach 40—80 Minuten ab, wenn man die Griffel mit einer Pinzette zerquetscht (1911, S. 228 ff.); auch bei *Origanum* soll nach *Laibach* (1920) die Blüte durch stärkere Verwundungen des Griffels vorzeitig abfallen. In allen diesen Fällen bleiben Verletzungen anderer Blütenteile, etwa der Blütenblätter selbst, völlig unwirksam. Eine solche Verwundung fern von den vergänglichen Blütenteilen kann natürlich nur dadurch wirken, daß

⁴⁾ Vgl. auch schon *De Candolle* 1832, S. 492 ff.

irgendein Einfluß von der lokalen Wundstelle⁴⁾, d. h. von der Narbe oder den Griffeln, dorthin geleitet wird, also bei den Orchideen mit oberständigen Blütenkronen durch den Griffel, bei *Erodium* mit unterständigen Kronen dagegen auch noch durch den Fruchtknoten. Diesen Einfluß haben wir, mag er nun chemischer oder sonstiger Art sein, aus später noch ersichtlichen Gründen jedenfalls als eine Art von Reiz anzusprechen. Daß es sich also bei der Leitung des Einflusses um eine besondere Art der Reizverkettung handelt, dafür spricht auch, daß wenigstens bei der Orchidee *Phalaenopsis* und einigen anderen Orchideen *nur* die Narbe, und zwar besonders ihr Spitzenteil und das angrenzende Griffelgewebe, nicht aber das Griffelgewebe unterhalb der Narbe oder andere Blütenteile selbst gegen sehr schwere Verwundungen empfindlich sind. Die Narbe oder, besser gesagt, der obere Teil des Griffels scheint also bei solchen Orchideen das bevorzugte Perzeptionsorgan für den Wundreiz zu sein. Diese Entdeckung gibt der Narbe wenigstens bei diesen Blüten, vielleicht auch bei *Origanum*, im Leben der Blüte eine sehr erweiterte Bedeutung über ihre längst bekannte Aufgabe hinaus, den Blütenstaub aufzunehmen und ihn zur Keimung zu bringen.

Noch viel schneller aber als Verwundungen der Narben oder Griffel bringen andere Einflüsse Blüten zu vorzeitigem Abblühen. Darüber liegen bis jetzt allerdings fast ausschließlich Untersuchungen vor für solche Blüten, die ihre Teile durch Chorisismus lebensfrisch abstoßen. So konnte ich zeigen (1911), daß plötzliche Erwärmung auf 33—44 Grad die Blütenkronen von *Geranium pyrenaicum* und vielen anderen Arten, sowie bei *Erodium*arten bereits nach 30—300 Sekunden, beim Löwenmäulchen in 3—6 Minuten, bei *Verbascum* in 1—4 Minuten, bei *Veronica chamaedrys*, *Borago*, *Linum*arten gar schon nach 25 Sekunden bis einigen Minuten zu Falle bringt, und zwar um so schneller, je älter die Blüten bereits sind. Dagegen war plötzliche Erwärmung ohne Einfluß auf die Blütendauer z. B. bei den Rosen, beim Mohn, bei *Potentilla*, den Ranunkeln und *Pelargonien*. Ferner waren bei gewissen Blüten chemische Einflüsse überraschend wirksam, so Kohlensäuregas unter Umständen schon in so geringen Mengen wie in der menschlichen Ausatemluft (4—5 %), ja sogar schon in 1—2proz. Konzentration, und zwar ebenfalls bereits nach $\frac{1}{4}$ bis einigen Minuten, z. B. bei den geprüften *Erodien*, bei *Geranium pyrenaicum*, *dissectum*, *pratense*, ferner bei *Pelargonium zonale*, beim Lein, bei *Helianthemum*, *Borago*, *Verbascum*. Ohne Einfluß war Kohlensäure dagegen

selbst in hoher Konzentration bei *Geranium molle* und *pusillum*, auf die aber Wärme sehr stark wirkt, ferner beim Mohn, bei den geprüften *Veronica*arten u. a. Wirksam, jedoch langsamer, fand ich weiter Leuchtgas, und zwar im Gegensatz zur Kohlensäure, bereits in unmeßbar geringen Spuren (daher bei vielen Blüten auch Laboratoriumsluft), ähnlich Tabaksrauch, bei manchen Pflanzen auch die Dämpfe von Chloroform oder Äther in ziemlich geringen Konzentrationen, Dämpfe von Salzsäure in hoher Konzentration, stets jedoch nur bei gewissen Arten, und zwar nicht immer den gleichen, die durch andere Einflüsse zur Entblätterung ihrer Blüten gebracht werden können. Z. B. wirkt Leuchtgas in 10—300 Minuten auf die Blüten vieler Storchschnabelgewächse, dagegen nach meinen Versuchen gar nicht auf die von *Veronica*, *Verbascum* und *Linum*. Schon daraus wird man schließen müssen, daß für jeden der wirksamen Anlässe eine besondere Empfindlichkeit oder Empfänglichkeit der Blüten vorhanden sein muß, damit Erfolg eintritt. Sehr merkwürdig ist ferner der Nachweis, daß es auch Blüten gibt, die sich in sehr kurzer Zeit infolge heftiger Erschütterungen der Blütenstände entblättern. Das ist schon seit langem bekannt (vgl. *Ch. Darwin* 1877, S. 78) für die Blüten der Königskerzen (*Verbascum*), ist auch beobachtet worden (vgl. *Deraur* 1902) für die Blüten der mediterranen Cistroschen (*Cistus*); richtig gedeutet wurden diese Beobachtungen jedoch erst in Verbindung mit den zuvor mitgeteilten Ergebnissen meiner eigenen Untersuchungen, die weiter zeigten (1911, S. 220 ff.), daß eine solche Erschütterungsempfindlichkeit auch besteht bei den Blüten von *Veronica chamaedrys*, *gentianoides*, *crassifolia* und *latifolia*, ferner, wie es scheint, bei *Erodium Manescavi* und bei dem Boretsch; und zwar fallen die ersten Kronen bei *Veronica chamaedrys* und bei *Verbascum thapsiforme* an warmen Tagen bereits nach 30—44 Sekunden. Für alle wirksamen Einflüsse gilt als Regel, daß die ältesten Blüten am schnellsten und am leichtesten sich entblättern lassen. Eine genauere Analyse aller dieser merkwürdigen vorzeitigen Entblätterungsvorgänge zeigte ganz augenscheinlich (1911), daß man es dabei nicht nur mit einem ausgesprochenen Lebensvorgang, sondern auch mit einem Reizprozeß zu tun hat. Wärmestarre, eine Starre durch Sauerstoffmangel, Narkosestarre, Wundstarre heben den Vorgang auf. Es gibt ferner ein Abklingen unterschwelliger Reize, eine Reizsummation, eine Latenzzeit, also auch eine Reiznachwirkung, eine Reizgewöhnung; kurz alle Eigenschaften sind vorhanden, die die Reizvorgänge auszeichnen. Dementsprechend können wir von dem aus inneren Ursachen erfolgenden Autochorismus einen in vorzeitigem Abblühen sich äußernden Chemochorismus (oder sogar deren verschiedene), einen Thermochochismus, einen Seismochochismus und einen Traumatochochismus unter-

⁴⁾ Nach von Guttenberg (1915, S. 387) verblühen die seismonastisch reizbaren Blüten der tropischen Orchideen *Catasetum fimbriatum* und *Cynoches maculatum* sehr rasch, wenn sie infolge von Erschütterungsreiz ihre Pollinarien abgeschleudert haben. Auch hier dürfte eine Verwundung der Griffelspitze dieses Welken bedingt haben.

scheiden. Übrigens kann man auch bei den Laubblättern feststellen, daß sie sich durch mancherlei äußere Einflüsse, wie z. B. Leuchtgasspuren, Tabaksrauch, Azetylen, Äthylen, Kohlensäure (?), Lichtmangel, plötzliche Hemmung oder Steigerung der Transpiration vorzeitig, wenn auch niemals so schnell wie die Blütenblätter, zu Fall bringen lassen. Auch hier darf man also von verschiedenen Chorismen sprechen.

Wenig geeignet sind also für die Zimmerkultur alle die Gewächse, die in solcher Weise empfindlich sind, so z. B. auch die Nelken, für die *Crocker* und *Knight Lee* (1908) zeigten, daß ihre Blüten in Luft, die Spuren von Leuchtgas enthält, schnell abblühen.

Mit großer Sicherheit ist nach diesen Entdeckungen anzunehmen, daß auch die Bestäubung als *Reiz* die vorzeitige Entblüterung auslöst. Welches ist dabei aber der wirksame Reizanlaß? Ohne eine sorgfältige analytische Untersuchung läßt sich diese Frage nicht beantworten. Ist doch eine ganze Anzahl Vorgänge zu unterscheiden, die sich an die Bestäubung anschließen: So zunächst die oft schon nach ganz wenigen Minuten eintretende Keimung der Blütenstaubkörner, die Ausbildung der Pollenschläuche, die durch verschiedene Tropismen veranlaßt werden, durch den Griffelkanal oder durch das Gewebe des Griffels in den Fruchtknoten bis zu den Samenanlagen und in sie vorzudringen, um hier die Eizellen zu befruchten und ihre Weiterentwicklung anzuregen. Da alle diese Vorgänge sehr schnell ablaufen können, so wäre es sehr wohl denkbar, daß alle Veränderungen der Blüten, die infolge der Bestäubung eintreten, nämlich das vorzeitige Abblühen, das Schwellen des Fruchtknotens und alle anderen Vorgänge der Fruchtentwicklung, von den befruchteten und in Entwicklung begriffenen Eizellen ausgehen, indem diese durch regeren Stoffwechsel die umliegenden Organe zu neuer Tätigkeit, so auch zu neuem Wachstum, neuer Entwicklung anregen, das Abblühen aber dadurch hervorrufen, daß sie aus den entbehrlich gewordenen Blütenteilen alle verfügbare Nahrung herausaugen und sie dadurch abtöten. So hat sich schon *Gärtner* (1844, S. 381) den Zusammenhang zwischen Bestäubung und Abblühen gedacht¹⁾. Jedoch haben Untersuchungen, vor allem von *Strasburger* (1886) und *Hildebrand* (1863, 1865), gezeigt, daß der Einfluß der Bestäubung auf viele Vorgänge der Postfloration nicht so indirekt ist, sondern daß z. B. bei den Orchideen das Schwellen des Fruchtknotens bereits veranlaßt werden muß, längst ehe die Eizellen befruchtet worden sind. So waren auch wirksam Pollenschläuche fremder Gattungen (z. B. von *Cypripedium* auf *Orchis*), ja selbst fremder Familien (wie der *Liliacee* *Fritillaria* auf *Orchis*), die überhaupt nicht zu befruchten vermögen. Eingehende Untersuchungen von mir (1909, 1910) hatten alsdann

das sehr überraschende Ergebnis, daß gewisse Folgen der Bestäubung, wie bei vielen tropischen Orchideen das vorzeitige Abblühen, das Schwellen der Griffel, ja bei einigen Arten (wie *Arachnanthe Sulingi*, *Rhynchosstylis retusa*, *Aerides odoratum* und *Odontoglossum crispum*) sogar eine gewisse, wenn auch nur geringe Verschwellung und Verlängerung des Fruchtknotens schon durch den noch völlig ungekeimten, lebenden oder sogar toten Blütenstaub der gleichen oder auch ganz fremder Arten, ja selbst ganz fremder Familien, wie der *Malvacee* *Hibiscus rosa sinensis*, hervorgerufen werden können, aber stets nur bei Arten, bei denen auch der gekeimte Pollen so wirkt. Die Wirkung kommt zustande durch eine nur in dem Pollen vorhandene und zwar ihm äußerlich anhaftende, aber doch offenbar nicht streng spezifische organische Verbindung, die schon in kälterem Wasser leicht, in kaltem Alkohol etwas schwerer löslich, in Petroläther, Chloroform und Schwefeläther dagegen ganz unlöslich, mit Bleiazetat nicht fällbar und allem Anschein nach stickstofffrei ist. Durch diese Entdeckung waren zum ersten Male mit Sicherheit im Pflanzenreiche für einen Entwicklungsvorgang als auslösendes Moment sogenannte Botenstoffe, *Hormone*, erkannt, wie sie, ebenfalls hitzebeständig, im Tierorganismus eine so große Bedeutung besitzen. Höchstwahrscheinlich handelt es sich nämlich um mehrere solcher nebeneinander in ein und demselben Blütenstaub vorkommender Körper, von denen (1909, S. 53) z. B. der eine in Alkohol unlöslich ist und ausschließlich das vorzeitige Abblühen, jedoch nicht die Verschwellung der Griffel oder Fruchtknoten auszulösen vermag. Und diese Hormone kommen seltensamerweise auch im Blütenstaub solcher Orchideen vor, wie z. B. auch der deutschen *Orchis latifolia*, *mascula* und *Epipactis palustris*, auf deren eigene Blüten sie völlig ohne Wirkung sind (1910, S. 235 ff.).

Gelegentliche Beobachtungen deuten nun aber darauf hin, daß man dieses bei den Orchideen gewonnene Ergebnis nicht verallgemeinern darf, daß also nicht bei allen Pflanzen schon der ungekeimte lebende oder tote Blütenstaub einen Einfluß auf die Blütenteile ausübt, so z. B. auch die von *August Schulz* (1902), daß in Wasser geplatzter Blütenstaub von *Geranium pusillum* die Blüten dieser Art nicht beeinflusst. Auch bei *Origanum* hatte ungekeimter Pollen nach *Laibach* (1920, S. 49) keine Wirkung. Schon daraus wird man schließen müssen, daß das vorzeitige Abblühen in diesen Fällen erst eine Folge der Keimung des Pollens und der daran sich anschließenden Vorgänge ist. So war z. B. auch die Verlängerung der Lebensdauer und die Vergrünung der Krone, die einige Orchideenarten auszeichnet, nach meinen Untersuchungen stets nur durch gekeimten, niemals dagegen durch den ungekeimten Blütenstaub erreichbar (1909, S. 69 ff.), und so auch die stärkere Schwellung des Fruchtknotens, die zur Fruchtbildung führt.

¹⁾ Ebenso *De Candolle* 1832, S. 492 ff.

Es müssen also wohl auch die Pollenschläuche von großem Einfluß auf die Blüten sein. Der Gedanke lag zunächst gewiß nahe, daß die gleichen Hormone in den Pollenschläuchen wie in den ungekeimten Pollenkörnern wirksam sind. Und doch hat er sich bei näherer Untersuchung (1910) als unrichtig erwiesen. Darauf wies mich schon die Beobachtung hin, daß die Pollenschläuche augenscheinlich über wirksamere Mittel verfügen müssen, als die Pollenkörner. Schwellung des Fruchtknotens war nämlich auch dann nicht durch die Hormone des ungekeimten Pollens zu erzielen, wenn ich sie viele Tage hintereinander in immer neuen, kleineren oder größeren Mengen auf die Narben brachte oder tief in den Griffelkanal bis an das obere Ende des Fruchtknotens einführte (1909, S. 65) oder selbst in die Fruchtknotenöhle einspritzte (1910, S. 256 ff.). Klare Einsicht in den Sachverhalt brachten mir aber erst Versuche, in denen es wenigstens bei einer (tropischen) Orchideenart (*Cattleya Trianaei*) gelang, aus dem lebenden ungekeimten Blütenstaub die ihm anhaftenden wirksamen Hormone völlig zu extrahieren und solchen Pollen zur Bestäubung von Blüten der gleichen oder anderer Arten zu verwenden. Es zeigte sich nun merkwürdigerweise, daß solcher Blütenstaub, aber erst durch seine Keimung, ganz dieselben Veränderungen in den Blüten hervorzurufen vermochte, wie der nicht extrahierte ungekeimte, also das Abblühen und die Verschwellung der Griffel, darüber hinaus aber auch noch die starke Verschwellung des Fruchtknotens, seine Vergrünung usw. Man könnte meinen, in den Pollenschläuchen seien nach der Keimung einfach neue Mengen der Hormone gleicher Art wie im ungekeimten Pollen gebildet worden. Diese Annahme wird aber widerlegt durch den Nachweis (1910), daß selbst größere Mengen abgetöteter Pollenschläuche oder Extrakt daraus *völlig* ohne Wirkung auf die Blüten sind. Aus alledem geht also hervor, daß die Pollenschläuche offenbar über andere, und zwar viel wirksamere Mittel als die ungekeimten Pollenkörner verfügen. Welcher Art sie sind, ließ sich bis jetzt nicht ermitteln, so daß sich auch nicht beurteilen läßt, ob die Pollenschläuche überhaupt durch solche Hormone ihren Einfluß auf die Blüten ausüben. Ist dies der Fall, so können diese Hormone jedenfalls nicht hitzebeständig sein (1910, S. 254 ff.) Möglicherweise sind gewisse Veränderungen der Blütenteile, wie z. B. die Vergrünung der Blütenkrone, bei gewissen Orchideen überhaupt erst mit der Entwicklung der befruchteten Eizellen oder doch mit der Schwellung des Fruchtknotens korrelativ verknüpft (1909, S. 80); auch hier wäre natürlich an Hormone zu denken. Nah- und Fernwirkungen sind bei allen diesen Einflüssen immer streng auseinander zu halten, wodurch die Probleme in neuer Weise verwickelt werden. So wirkt (1909) z. B. das Hormon des ungekeimten Pollens ebenso wie Ver-

wundung bereits von der Narbenfläche aus auf die Blütenkrone, also durch den Griffel in die Ferne (ob durch seine Diffusion, ist noch unentschieden), während die gekeimten Pollenschläuche z. B. die Verschwellung und das Wachstum des Fruchtknotens nicht schon vom Griffel oder der Narbe aus anregen, wenn man ihnen den Durchtritt von dem unteren Teile des Griffelkanals in das Fruchtknotengehäuse verwehrt (Versuche von mir bei *Phalaenopsis amabilis*, 1910, S. 68).

Ziehen wir aus allen Erfahrungen über die Auslösung vorzeitigen Abblühens die praktischen Nutzenanwendungen, so läßt sich sagen, daß wir uns im allgemeinen um so länger der Blumen z. B. im Zimmer werden erfreuen können, je sorgsamer wir alle die Einflüsse von ihnen fernhalten, die sie vorzeitig abblühen machen, wie die Bestäubung, indem wir die sie vermittelnden Insekten (Bienen, Hummeln, Schmetterlinge) ausschließen, ferner Spuren von Leuchtgas, Tabakrauch oder durch Atmung verbrauchte Luft, zu starke plötzliche Erwärmung in der Sonne und dergl.

Im Zusammenhang hiermit erhebt sich aber auch die wichtige Frage, ob wir nicht umgekehrt über Mittel verfügen, um die spezifische absolute Blütendauer der Blumen zu *verlängern*. Auch darauf geben uns die schönen Orchideen unserer Gewächshäuser klare Antwort. Sehr merkwürdig ist es, daß es in dieser Familie (wie seit langem bekannt, vgl. *Beer* 1863 und meine Arbeit 1910) auch Arten gibt, bei denen der *gleiche* Einfluß, der bei anderen Formen mit Leichtigkeit vorzeitiges Abblühen zur Folge hat, nämlich die Bestäubung, die absolute Blütendauer ganz erheblich verlängert, so z. B. bei *Zygopetalum Mackaii* und *crinitum*, *Lycaste Skinneri*, *Anguloa uniflora*, *Renanthera Lowii* (*Winkler* 1906), auch bei der einheimischen *Listera ovata* (*Hildebrand* 1863, S. 340 ff.). Bei allen diesen und anderen Arten hat die Bestäubung zur Folge (1910), daß die Blüten ohne jede Veränderung, also *ohne* sich zu verfärben, *ohne* zu welken und *ohne* sich zu schließen, sich viel länger, auch in ihrer Farbe, frisch erhalten als ohne Bestäubung; und zwar konnte ich die Blütendauer bei *Zygopetalum* um das Dreifache (von 1 auf 3 Monate), die von *Anguloa* und *Lycaste* um das Doppelte verlängern. Besonders bemerkenswert ist aber die Tatsache, daß nur der lebende und keimende Pollen so wirkt, toter Pollen dagegen umgekehrt die Blütendauer vorzeitig verkürzt (1910, S. 227). Hier liegt also eine Verlängerung des Lebens zwar nicht des ganzen Organismus vor, aber doch wenigstens eines Teiles, der des Partialtodes zu sterben pflegt. Kann man auch solche Blütenteile, die, am Ende ihrer spezifischen absoluten Lebensdauer angelangt, bereits die Symptome des Absterbens deutlich zur Schau tragen, gewissermaßen wieder zu neuem Leben erwecken? Auch diese Frage, die uns Menschen seit langer Zeit für unseren eigenen Körper beschäftigt und

in der letzten Zeit besonders viel von sich reden macht, kann man bei den Blüten in Angriff nehmen. Gelang es mir doch (1910, S. 258) wenigstens bei einer Art, *Epidendrum ciliare*, die bei Abschluß der spezifischen Blütendauer bereits im Vergilben begriffenen Griffel durch Bestäubung zu neuer Lebensbetätigung zu veranlassen, nämlich zu verschwellen und zu ergrünen, also ihre Lebensdauer ganz wesentlich zu verlängern. Ganz ähnlich scheint die Sache normalerweise bei den schon früher erwähnten Blüten von *Phalaenopsis violacea* zu liegen: Infolge der Bestäubung mit lebendem Pollen beginnt die Blütenkrone sich zu schließen, zu vergilben und ein wenig zu welken, offenbar unter dem Einfluß des Hormons, das schon von der Narbe her im ungekeimten Pollen wirkt; einige Tage später wird sie aber unter dem Einflusse der inzwischen ausgebildeten Pollenschläuche oder der Befruchtung wieder lebensfrisch und prall, vergrünt und fängt an, von neuem zu wachsen.

Der Weg zur exakten Analyse des Abblühvorganges ist nunmehr also klar gewiesen. Eine Fülle von Aufgaben ist erschlossen, die teils bereits gelöst sind, teils noch der experimentellen Lösung harren. Vorbedingung dafür ist nur, daß es gelingt, unter der großen Fülle schöner Blumen, die uns in der Natur umgeben, solche herauszufinden, die ähnlich den Orchideen oder den Storchschnabelgewächsen bereit sind, dem Forscher ihre Geheimnisse preiszugeben. Und mancher Lohn wird die aufgewendete Mühe belohnen, indem dabei Ergebnisse gewonnen werden dürften, die über das eng begrenzte Gebiet hinaus Licht auch auf allgemeine Fragen der Entwicklungsphysiologie fallen lassen. Schon jetzt beginnt sich ferner zu zeigen, daß die bisher bereits gemachten Entdeckungen für unsere Einsicht auch in ganz andersartige Lebensvorgänge der Pflanzen bedeutungsvoll sind.

Literatur.

1863. Beer, J. G., Beiträge z. Morphologie u. Biologie der Familie d. Orchideen, Wien 1863.
1832. Candolle, De A. P. Physiologie végétale Bd. 2, 1832, Paris.
1865. Clos, D., De la postfloraison, Compt. rendus Acad. scienc. Paris Bd. 61, 1865, S. 1177 ff.
1908. Crocker, W., u. Knight Lee, J., Effect on illuminating gas and ethylene upon flowering carnations, Bot. Gazette Bd. 46, S. 259 ff.
1877. Darwin, Ch., The different forms of flowers on plants of the same species, London 1877.
1902. Devaux, M., Sur un mouvement provoqué chez les fleurs du *Cistus salviaefolius*, Compt. rend. soc. Linnéenne d. Bordeaux 1902, S. 107 ff.
1905. Fitting, H., Die Reizleitungsvorgänge bei d. Pflanzen, Ergebn. d. Physiologie Bd. 4, S. 738 ff.
1909. —, Die Beeinflussung der Orchideenblüten durch die Bestäubung und durch andere Umstände, Zeitschr. f. Bot. Bd. 1, 1919, S. 1 ff.
1909. —, Entwicklungsphysiologische Probleme der Fruchtbildung, Biologisches Zentralbl. Bd. 29, S. 193 ff.
1910. —, Weitere entwicklungsphysiologische Untersuchungen an Orchideenblüten, Zeitschr. f. Bot. Bd. 2, 1910, S. 225 ff.

1911. —, Untersuchungen über die vorzeitige Entblätterung von Blüten, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 49, 1911, S. 187 ff.
1912. —, Über eigenartige Farbänderungen von Blüten und Blütenfarbstoffen, Zeitschr. f. Botanik Bd. 4, 1912, S. 81 ff.
1913. —, Folgen der Bestäubung und Befruchtung, Handwörterbuch d. Naturwiss. Bd. 4, 1913, S. 261 ff.
1844. Gärtner, C. Fr., Versuche u. Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkommeneren Gewächse usw., Stuttgart 1844.
1886. Guignard, L., Sur la pollinisation et ses effets chez les Orchidées, Ann. d. scienc. nat. Botanique, sér. VII Bd. 4, S. 202 ff.
1915. Guttentberg, H. von, Anatomisch-physiologische Studien an den Blüten der Orchideengattungen *Catasatum* Rich. und *Cynoches* Lindl., Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 56, 1915, S. 374 ff.
1863. Hildebrand, F., Die Fruchtbildung der Orchideen, ein Beitrag für die doppelte Wirkung des Pollen, Bot. Zeitung Bd. 21, S. 329 ff.
1865. —, Bastardierungsversuche an Orchideen, ebenda Bd. 23, S. 245 ff.
1891. Kerner von Marilaun, A., Pflanzenleben Bd. 2, Leipzig 1891.
1910. Kränzlin, Fr., Orchidaceae-Monandreae-Dendrobiinae I, Das Pflanzenreich Heft 45, Leipzig 1910.
1920. Laibach, F., Die Bedeutung der Narbe und des Griffels für die Blütenentwicklung von *Origanum vulgare*, Ber. deutsch. bot. Ges. Bd. 38, 1920, S. 43 ff.
1884. Lindman, C. A. M., Om postflorationen och dess betydelse såsom skyddsmedel för fruktanlaget, Kongl. Svensk. Vetensk. Akad. handling. Bd. 21, 1884, Nr. 4.
1860. Mohl, H. v., Über den Ablösungsproceß saftiger Pflanzenorgane, Botan. Zeitung Bd. 18, 1860, S. 273 ff.
1885. Reiche, C., Über anatomische Veränderungen, welche in den Perianthkreisen der Blüten während der Entwicklung der Frucht vor sich gehen, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 16, 1885, S. 638 ff.
1902. Schulz, August, Beiträge zur Kenntnis des Blühens der einheim. Phanerogamen, Ber. deutsch. bot. Ges. Bd. 20, S. 526 ff.
1886. Strasburger, E., Über fremdartige Bestäubung, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 17, S. 50 ff.
1911. Wacker, H., Physiologische und morphologische Untersuchungen über das Verblühen, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 49, S. 522 ff.
1906. Winkler, Hans, Botanische Untersuchungen aus Buitenzorg. I. Über den Blütendimorphismus von *Renanthera Lowii* Rehb., Annales jard. bot. Buitenzorg. Bd. 20, S. 1 ff.

Das Rotationsproblem in der Relativitätstheorie.

Von A. Kopff, Heidelberg-Königstuhl.

1. Unter allen Bewegungsvorgängen tritt bei der gleichförmigen Rotation der Unterschied zwischen der Auffassung der klassischen Mechanik gegenüber derjenigen der Relativitätstheorie am deutlichsten zutage. In der klassischen Mechanik ist die Rotation das typische Beispiel einer absoluten Bewegung. Rotiert ein Körper gegen ein Koordinatensystem, für welches das Trägheitsgesetz bzw. die Grundgleichungen der Newtonschen Mechanik gelten, so treten Zentrifugal- und Corioliskräfte auf; befindet sich der Körper dagegen in einem solchen System in Ruhe, so

fehlen diese. Das Auftreten dieser Kräfte ist also ein Kriterium für den Bewegungszustand des Körpers, und das positive Ergebnis des Foucaultschen Pendelversuchs z. B. ist das untrügliche Zeichen dafür, daß die Erde im „Raum“ rotiert.

Zu welchen begrifflichen Schwierigkeiten die Festlegung des „Raumes“ oder eines absoluten Koordinatensystems in diesem geführt hat, soll hier nicht auseinandergesetzt werden¹⁾. Immer deutlicher zeigte es sich, daß es nur einen Ausweg gibt, der zu einer befriedigenden Erklärung des Auftretens der Zentrifugal- und Corioliskräfte bei der Rotation führen kann, nämlich diesen: den Begriff der absoluten Bewegung ganz fallen zu lassen, und auch die Rotation als relative Bewegung zu deuten.

2. Am schärfsten hat wohl vor Einstein diesen Gedanken E. Mach ausgesprochen. In seinem Buche „Die Mechanik in ihrer Entwicklung“ (5. Aufl. S. 252) sagt er: „Für mich gibt es überhaupt nur eine relative Bewegung, und ich kann darin einen Unterschied zwischen Rotation und Translation nicht machen. Dreht sich ein Körper relativ gegen den Fixsternhimmel, so treten Fliehkräfte auf, dreht er sich relativ gegen einen anderen Körper, nicht aber gegen den Fixsternhimmel, so fehlen die Fliehkräfte. Ich habe nichts dagegen, daß man die erstere Rotation eine absolute nennt, wenn man nur nicht vergißt, daß dies nichts anderes heißt als eine relative Drehung gegen den Fixsternhimmel. Können wir vielleicht das Wasserglas Newtons festhalten, den Fixsternhimmel dagegen rotieren und das Fehlen der Fliehkräfte nun nachweisen?“

Der Versuch ist nicht nachweisbar, der Gedanke überhaupt sinnlos, da beide Fälle sinnlich voneinander nicht zu unterscheiden sind. Ich halte demnach beide Fälle für denselben Fall und die Newtonsche Unterscheidung für eine Illusion.“

In ganz ähnlicher Weise äußert sich Einstein²⁾. Er greift zu einem Beispiel: „Zwei flüssige Körper von gleicher Größe und Art schweben frei im Raume in so großer Entfernung voneinander (und von allen übrigen Massen), daß nur diejenigen Gravitationskräfte berücksichtigt werden müssen, welche die Teile eines dieser Körper aufeinander ausüben. Die Entfernung der Körper voneinander sei unveränderlich. Relative Bewegungen der Teile eines der Körper gegeneinander sollen nicht auftreten. Aber jede Masse soll — von einem relativ zu der anderen Masse ruhenden Beobachter aus beurteilt — um die Verbindungslinie der Massen mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotieren (es ist

dies eine konstatierbare Relativbewegung beider Massen). Nun denken wir uns die Oberflächen beider Körper (S_1 und S_2) mit Hilfe (relativ ruhender) Maßstäbe ausgemessen; es ergebe sich, daß die Oberfläche von S_1 eine Kugel, die von S_2 ein Rotationsellipsoid sei.

Wir fragen nun: Aus welchem Grunde verhalten sich die Körper S_1 und S_2 verschieden? Eine befriedigende Antwort kann nur so lauten: Das aus S_1 und S_2 bestehende physikalische System zeigt für sich allein keine denkbare Ursache, auf welche das verschiedene Verhalten von S_1 und S_2 zurückgeführt werden könnte. Die Ursache muß also außerhalb dieses



Fig. 1.

Systems liegen. Man gelangt zu der Auffassung, daß die allgemeinen Bewegungsgesetze, welche im speziellen die Gestalten von S_1 und S_2 bestimmen, derart sein müssen, daß das mechanische Verhalten von S_1 und S_2 ganz wesentlich durch ferne Massen mitbedingt werden muß, welche wir nicht zu dem betrachteten System gerechnet hatten. Diese fernen Massen (und ihre Relativbewegungen gegen die betrachteten Körper) sind dann als Träger prinzipiell beobachtbarer Ursachen für das verschiedene Verhalten unserer betrachteten Körper anzusehen.“

Soweit stimmen Mach und Einstein in der Erklärung der Rotationserscheinung überein. Während aber Mach fast ganz bei diesen allgemeinen Erwägungen stehen bleibt, erkennt Einstein¹⁾ — und darin liegt der entscheidende Fortschritt —, daß eine mathematische Lösung des Rotationsproblems möglich ist, wenn die Gesetze der Physik gewisse allgemein geltende Eigenschaften haben: Soll die Rotationsbewegung eine relative gegen irgendwelche außerhalb des rotierenden Systems liegenden Massen sein, so darf es

¹⁾ Vgl. hierzu E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, 5. Aufl., Leipzig 1904. E. Freundlich, Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie, 4. Aufl., Berlin 1920.

²⁾ A. Einstein, Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, Leipzig 1916.

¹⁾ Die Einsteinsche Relativitätstheorie ist allerdings auf einem anderen Weg, von dem speziellen Relativitätsprinzip herkommend, an das Problem herangetreten.

keine Koordinatensysteme oder Räume geben, die dadurch bevorzugt sind, daß gewisse Gesetze der Physik *nur in ihnen* gelten. Gibt es solche Koordinatensysteme, so können wir immer durch Beobachtung der Vorgänge feststellen, ob wir uns in einem solchen bevorzugten System oder in „absoluter“ Bewegung zu diesem befinden. „Von allen denkbaren, relativ zueinander beliebig bewegten Räumen R_1, R_2 usw. darf a priori keiner als bevorzugt angesehen werden.“ *Einstein* kommt hierdurch zu der Forderung: „Die Gesetze der Physik müssen so beschaffen sein, daß sie in bezug auf beliebig bewegte Bezugssysteme gelten.“ So führt die Auffassung der Relativität der Rotationsbewegung notwendig zu der Aufgabe, allgemein invariante (d. h. für beliebige Koordinatensysteme geltende) physikalische Gesetze aufzustellen.

3. Dieses mathematische Problem ist von *Einstein* gelöst worden. Sein *invariantes Bewegungsgesetz* ist ein sehr einfaches. Es lautet: Jeder sich selbst überlassene Massenpunkt bewegt sich in einer geodätischen Linie des vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums. Die Koeffizienten in der Gleichung der geodätischen Linie sind Funktionen der Komponenten g_{ik} eines Tensors, des Gravitationspotentials der Einsteinschen Relativitätstheorie. Die Größen g_{ik} selbst hängen einmal vom Koordinatensystem ab, auf welches wir die Bewegung des Massenpunktes beziehen, und dann vor allem von der im Raum vorhandenen Materie und elektromagnetischen Energie. Die beiden letzteren bestimmen die Punkt-bewegung eindeutig, sobald das Koordinatensystem festliegt, in bezug auf das wir die Bewegung beschreiben wollen. *Einstein* hat 1915 Feldgleichungen der Gravitation aufgestellt¹⁾ — wir wollen sie die *Einsteinschen Gravitationsgleichungen erster Art* nennen —, welche aus der gegebenen Massenverteilung die Tensorkomponenten g_{ik} herzuleiten gestatten. Die Punkt-bewegung ist damit völlig bestimmt. Bewegungsgleichungen und Gravitationsgleichungen haben z. B. die in ausgezeichnete Übereinstimmung mit der Wirklichkeit stehende Perihelbewegung der Merkurbahn ergeben.

Dieselben Gleichungen wurden von *H. Thirring* auf das Rotationsproblem angewendet²⁾. Hierbei traten eigentümliche Schwierigkeiten auf. Zur Integration der Gravitationsgleichungen erster Art (d. h. zur Berechnung der g_{ik} aus der gegebenen Verteilung der Materie) war es notwendig, gewisse Bedingungen über das Verhalten der g_{ik} im Unendlichen (Randbedingungen) anzunehmen: die g_{ik} sollten im Unendlichen

in die Werte der speziellen Relativitätstheorie übergehen. *H. Thirring* konnte nun zwar zeigen, daß im Innern einer rotierenden Hohlkugel Kräfte auftreten, die zu den Zentrifugal- und Corioliskräften in Analogie stehen, und die sowohl von der Rotationsgeschwindigkeit der Hohlkugel als auch von deren Masse abhängen. Doch war dies eine Lösung des Rotationsproblems, die nur für ein beschränktes, im Endlichen gelegenes Gebiet gilt. Zugleich treten die bekannten Zentrifugal- und Corioliskräfte der klassischen Mechanik selbst auf, sobald eine Rotation gegen ein *Koordinatensystem* erfolgt, in welchem die Randbedingungen erfüllt sind, und in welchem genähert die Newtonschen Gesetze gelten. *Auch wenn sämtliche Massen im Weltall verschwinden*, bleiben die Zentrifugal- und Corioliskräfte der klassischen Mechanik übrig.

Dies rührt in letzter Linie daher³⁾, daß die Trägheit eines Massenpunktes bei den angenommenen Grenzbedingungen zwar durch die im Weltall (im Endlichen) vorhandenen Massen beeinflusst, aber nicht ausschließlich bestimmt wird. Die Zentrifugal- und Corioliskräfte treten also als Trägheitskräfte auch dann auf, wenn alle Massen verschwinden. Die Rotation wird wieder zu einer „absoluten“ Bewegung gegen ein *bestimmtes gewähltes Koordinatensystem*. Die durch die Integration der Bewegungsgleichungen erster Art erhaltenen Ergebnisse sind also nicht als Lösung des Rotationsproblems im Sinne der allgemeinen Relativitätstheorie anzusehen. Denn letztere verlangt, daß die genannten Kräfte nur dann auftreten, wenn eine Rotation relativ zu den im Weltall vorhandenen Massen stattfindet.

4. Diese Schwierigkeiten sind von *Einstein* dadurch aus dem Wege geräumt worden, daß er seine Gravitationsgleichungen durch Hinzufügen eines „kosmologischen Zusatzgliedes“ erweiterte (wir wollen diese neuen Gleichungen als *Gravitationsgleichungen zweiter Art* bezeichnen²⁾).

Die g_{ik} , die sich als Lösung dieser Gleichungen ergeben, sind *ausschließlich* durch die Materie des Weltalls *bedingt*. Die Integration der Gravitationsgleichungen zweiter Art läßt sich nämlich für den Fall durchführen³⁾, daß die Ma-

¹⁾ A. Einstein, Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Berliner Sitz.-Ber. 1917, S. 147.

²⁾ A. Einstein, Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Berliner Sitz.-Ber. 1917, S. 142. Eine andere Form hat *Einstein* diesen Gravitationsgleichungen noch in der Arbeit: Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle? Berliner Sitz.-Ber. 1919, S. 349, gegeben („Gravitationsgleichungen dritter Art“).

³⁾ W. de Sitter gibt noch eine andere Lösung der Gravitationsgleichungen II. Art, die aber zu physikalisch gänzlich unbefriedigenden Ergebnissen führt. Vgl. seine Arbeit: On Einsteins theory of gravitation, and its astronomical consequences 3. paper. Monthly Notices of R. Astronomical Society Vol. 78. Nov. 1917, Nr. 1.

¹⁾ A. Einstein, Die Feldgleichungen der Gravitation. Berliner Sitz.-Ber. 1915, S. 844. Siehe auch „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“, Leipzig 1916.

²⁾ H. Thirring, Über die Wirkung rotierender ferner Massen in der Einsteinschen Gravitationstheorie. Physik. Zeitschr., 19. Jahrg., 1918, S. 33.

terie des Weltalls im Durchschnitt gleichmäßig verteilt ist und sich in Ruhe befindet, Annahmen, die im Universum *genähert* erfüllt sind. Hierbei muß der Raum im ganzen ein *endlicher, geschlossener* von konstanter positiver Krümmung sein. Im einzelnen werden räumlich und zeitlich Abweichungen auftreten. Genähert aber ist er als ein geometrisches Gebilde in drei Dimensionen aufzufassen, das z. B. völlig der zweidimensionalen Kugeloberfläche entspricht (sphärischer Raum¹⁾). Der Krümmungsradius des endlichen Raumes ist allein von der Gesamtmasse abhängig; er verschwindet mit dieser. Der Raum als Inbegriff seiner physikalischen und geometrischen Eigenschaften ist also an die Materie gebunden und existiert nicht ohne diese. Ebenso besteht die Trägheit eines Massenpunktes nur als Eigenschaft in bezug auf die sämtlichen im Weltall vorhandenen Massen; sie ist identisch mit deren Gravitationswirkung.

Befinden wir uns an irgendeiner Stelle des mit ruhender Materie gleichmäßig erfüllten Raumes selbst in Ruhe, so haben die g_{ik} eindeutig bestimmte Werte; sie beschreiben das Gravitationsfeld der Sterne im Koordinatensystem der ruhenden Materie. Ein *ruhender* Punkt bleibt hier *dauernd* in Ruhe. Gehen wir in ein Koordinatensystem über, das *relativ zu den vorhandenen Massen gleichmäßig rotiert*, so nehmen die g_{ik} infolge des Wechsels des Bezugssystems andere Werte an; und diese führen, in die Bewegungsgleichungen der Relativitätstheorie eingesetzt, gerade zu den Zentrifugal- und Corioliskräften der klassischen Mechanik²⁾. Verschwindet die Gesamtmasse des Weltalls, so verschwindet der Raum mit seinen Gravitationsfeldern. Die Zentrifugal- und Corioliskräfte sind also gar nicht durch eine dem einzelnen Massenpunkt selbst anhaftende „Trägheit“ verursacht, sondern durch die Gravitationswirkung der gesamten Massen des Universums auf diesen Punkt, die durch die Rotation relativ zu diesen Massen *ausgelöst* wird. Das Auftreten der genannten Kräfte ist in der Tat auf „prinzipiell beobachtbare Ursachen“ zurückgeführt. Die Zentrifugalkräfte haben ihren Charakter als „scheinbare“ Kräfte völlig eingebüßt; sie sind den Gravitationskräften untergeordnet worden.

Wegen der allgemeinen Invarianz der physikalischen Gesetze müssen wir annehmen, daß dieselben Kräfte auch dann auftreten, wenn unser Koordinatensystem ruht und das ganze Universum sich dagegen in Rotation befindet. Das ist der Sinn der Aussage, daß nach dem allgemeinen Relativitätsprinzip ebensowohl die Erde rotieren und der Fixsternhimmel ruhen, als auch umgekehrt die

Erde ruhen und der Fixsternhimmel um diese rotieren kann. Beide Fälle sind, kinematisch und dynamisch betrachtet, *derselbe* Fall. Setzt man mit der Hand einen Kreisell in Bewegung, so wird man also nicht behaupten können, daß der „Relativist“ vermeint, durch seine schwache Kraft möglicherweise das ganze Universum in Rotation zu setzen. Die Rotationsbewegung — das meint er — bringt lediglich die Gravitationskräfte zur *Auslösung*, die *allein* in dem *relativ zu den Massen* rotierenden Koordinatensystem auftreten¹⁾.

Dieser Auffassung paßt sich der Foucaultsche Pendelversuch ohne weiteres an. Er ist keinesfalls ein Beweis dafür, daß die Rotation der Erde eine „absolute“ Bewegung darstellt. Er ist gar kein terrestrischer Versuch, vielmehr ein Versuch im Gravitationsfeld der Sterne. Erinnern wir uns zunächst einmal daran, wie der Foucaultsche Pendelversuch in der klassischen Mechanik gedeutet wird²⁾, und beschränken wir uns auf den einfacheren Fall, daß das Pendel an einem der beiden Pole frei aufgehängt ist. In der klassi-

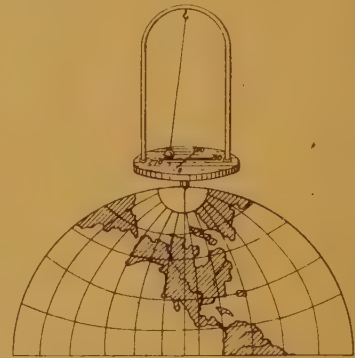


Fig. 2.

schen Mechanik gibt es ein ausgezeichnetes Koordinatensystem, das Galileische, in welchem (wenn wir uns alle Gravitationskräfte verschwunden denken) ein Körper, der einen Stoß erhält, sich in

¹⁾ In derselben Weise haben wir uns vorzustellen, daß überall, wo wir sogenannte *Trägheitswirkungen* wahrnehmen, dies in Wahrheit *Gravitationswirkungen* der gesamten Materie des Universums sind (*Relativität der Trägheit*). Erteilen wir einer Kugel z. B. einen Stoß, so erfährt sie eine Beschleunigung relativ zu den Massen des Universums. Diese Beschleunigung löst (ebenso wie die Rotationsbewegung) von den Gesamtmassen ausgehende Gravitationskräfte aus, die auf die Kugel wirken und deren „Trägheitswiderstand“ *verursachen*. Eben dieselben Gravitationskräfte müssen auch auftreten, wenn die Kugel als ruhend angenommen wird, und das ganze Universum eine Beschleunigung relativ zur Kugel erfährt. Dieselbe Kraft, die bei der ersten Art der Beschreibung der Kugel den Stoß gab, muß jetzt wieder angreifen, um die Kugel in Ruhe zu halten. Man vergleiche damit die „Erklärung“, welche die klassische Mechanik für diese Erscheinung gibt, und man wird verstehen, wie erst durch die Relativitätstheorie die einfachsten physikalischen Vorgänge aus dem Halbdunkel des ersten Begreifens in das helle Licht der Erkenntnis gerückt worden sind.

²⁾ Vgl. z. B. W. Trabert, Lehrbuch der kosmischen Physik, Leipzig 1911, S. 118 ff.

¹⁾ Man kann auch den elliptischen Raum zugrunde legen. Vergl. W. de Sitter, a. a. O.

²⁾ Vgl. eine in der Physik. Ztschr. erscheinende Notiz des Verf. Wie weit diese Ergebnisse durch Annahmen, die den wirklichen Verhältnissen im Universum näher kommen, modifiziert werden, ist noch zu untersuchen.

unveränderter Richtung fortbewegt. In demselben Koordinatensystem schwingt ein Pendel, das sich am Pol befindet, in einer unveränderlichen Ebene. Da die Erde in bezug auf dieses Koordinatensystem rotiert, so rotiert die Pendelebene relativ zu einem festen Ort auf der Erde. Das Galileische Koordinatensystem fällt in sehr großer Annäherung mit einem mit dem Fixsternhimmel fest verbundenen Bezugssystem zusammen.

In der Relativitätstheorie bewegt sich nun ein Massenpunkt in einem Koordinatensystem, in welchem die Materie des Weltalls bei durchschnittlich gleichförmiger Verteilung im ganzen ruht, ebenfalls geradlinig und gleichförmig. Das Pendel schwingt am Pol der Erde in einer in bezug auf das jetzt definierte System=unveränderlichen Ebene. Unser Bezugssystem in der Relativitätstheorie fällt für den Foucaultschen Pendelversuch also, ebenso wie das Galileische System der klassischen Mechanik, mit dem System des Fixsternhimmels zusammen. Rotiert die Erde relativ zu dem System der ruhenden Sterne, so beobachten wir von ihr aus eine Rotation der Schwingungsebene. Der Foucaultsche Pendelversuch zeigt also nur, daß die Erde *relativ zu der Gesamtmasse des Universums* rotiert, wobei es gleichgültig ist, ob man die Erde als rotierend und das Universum als ruhend, oder die Erde als ruhend und das Universum als rotierend annimmt. Verschwindet die Gesamtmasse des Universums, so wird nach der Relativitätstheorie die Aussage, die Erde rotiert, sinnlos; das Koordinatensystem, in welchem dann das Pendel in einer unveränderlichen Ebene schwingt, ist mit der Erde fest verbunden. In der klassischen Mechanik freilich können wir auch in diesem Fall von einer Rotation der Erde sprechen, und das Ergebnis des Foucaultschen Versuches wäre hier dasselbe, gleichgültig, ob im Weltall Massen vorhanden sind oder nicht. Da wir die Gravitationswirkung der Massen des Weltalls nicht abschirmen können, so läßt sich der Foucaultsche Versuch freilich immer nur im Gravitationsfeld der Sterne ausführen.

Beobachten wir ein frei aufgehängtes Pendel, das nicht am Pol, sondern an einer beliebigen Stelle der Erdoberfläche schwingt, so bleibt auch hier die Deutung des Versuchsergebnisses in der klassischen Mechanik¹⁾ und in der Relativitätstheorie dieselbe²⁾, da sowohl das Galileische Koordinatensystem als auch das System der ruhenden

Massen des Weltalls mit dem System des Fixsternhimmels zusammenfällt.

Einem Einwand ist vielleicht hier noch zu begegnen. Beschreibt man die bei der Rotation auftretenden relativen Bewegungsvorgänge so, daß man z. B. sagt, die Erde ruht, und der Fixsternhimmel rotiert um diese, so erhält man für die Sterne Geschwindigkeiten, welche die Lichtgeschwindigkeit $c = 300\,000$ km um ein Vielfaches übertreffen. Man hat hierin einen Widerspruch mit der Relativitätstheorie selbst finden wollen. Nach dieser kommen allerdings in der Natur größere Geschwindigkeiten als die des Lichtes nicht vor. Aber in der allgemeinen Relativitätstheorie besitzt das Licht keineswegs die konstante Geschwindigkeit c ; letztere ist vielmehr beliebig variabel und hängt von den Größen g_{ik} ab, die das Gravitationsfeld in einem Nicht-euklidischen Koordinatensystem charakterisieren⁴⁾. Hierbei wird die Lichtgeschwindigkeit an irgendeiner Stelle des Raumes vor irgendeiner anderen Stelle aus gemessen, und zwar vermittelt nicht-euklidischer räumlicher und zeitlicher Koordinaten, die durch das Gravitationsfeld festgelegt sind (sie wird im „natürlichen“ System gemessen). Man denke z. B. an die Bestimmung der Geschwindigkeit eines Lichtstrahles in der Nähe der Sonnenoberfläche, gemessen von der Erde aus. Die Lichtgeschwindigkeit wird in diesem Fall mit zunehmender Annäherung an die Sonne immer kleiner, und eben dadurch kommt die durch die Beobachtungen nachgewiesene Krümmung des Lichtstrahles beim Vorbeigang in der Nähe der Sonne zustande.

Mißt man dagegen die Lichtgeschwindigkeit mittels Maßstab und Uhr an der Stelle selbst, an der die Lichtbewegung stattfindet (im „lokalen“ System) in Euklidischen Koordinaten, so erhält man allerdings immer den konstanten Wert c . Dies rührt lediglich daher, daß die allgemeine Relativitätstheorie sich auf der Annahme aufbaut, im Unendlichkleinen (im „lokalen“ System) gilt die spezielle Relativitätstheorie. Die in dieser bestehende Zeitdefinition beruht auf der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit c . Man erhält also im „lokalen“ System den Wert der Lichtgeschwindigkeit, welcher der Theorie bereits als Voraussetzung zugrunde liegt.

Ungeändert bleibt aber in der allgemeinen Relativitätstheorie der Satz, daß keine Geschwindigkeit in der Natur größer sein kann, als die Lichtgeschwindigkeit an derselben Stelle. Diese Bedingung wird bei der Annahme der Rotation des Fixsternhimmels ohne weiteres erfüllt. Ob wir also bei der Beschreibung der Rotation der Erde das Koordinatensystem mit dem Fixsternhimmel fest verbinden, oder ob wir es in die Erde selbst legen, kann lediglich eine Frage der Zweckmäßigkeit bei der Behandlung des Problems sein.

¹⁾ Vgl. W. Trabert, a. a. O.

²⁾ Zu beachten ist freilich, daß in der Relativitätstheorie die Masse der Erde, bei ihrer Rotation relativ zu den Sternen, die Lage der Schwingungsebene des Pendels in etwas anderer Weise als in der klassischen Mechanik beeinflusst. Die Gravitationswirkung einer rotierenden Kugel ist von der einer ruhenden in der Relativitätstheorie verschieden. Vergl. z. B. die Untersuchung von J. Lense und H. Thirring. Über den Einfluß der Eigenrotation der Zentralkörper auf die Bewegung der Planeten und Monde nach der Einsteinschen Gravitationstheorie. Physik. Zeitschr. 19. Jahrg., 1918, S. 156.

⁴⁾ A. Einstein, Die Grundlage usw., S. 62.

Die grundlegenden Naturgesetze sind für jede Wahl des Bezugssystems dieselben — darin besteht der Unterschied gegen die klassische Mechanik —, so daß die Annahme, „die Erde rotiert“, derjenigen, die „Gesamtheit der Sterne rotiert um die Erde“, prinzipiell gleichwertig ist.

5. Eine Seite des Rotationsproblems muß noch eingehender behandelt werden. Die Deutung der Rotation, als einer relativen Bewegung ist (nach dem gegenwärtigen Stand unseres Problems) nur möglich, wenn der dreidimensionale Raum endlich, das Universum ein räumlich geschlossenes im Sinne unserer vorhergehenden Ausführungen ist¹⁾. Ob wir das Relativitätsprinzip auf rotierende Koordinatensysteme ausdehnen dürfen, muß also durch astronomische Beobachtungstatsachen entschieden werden.

Die Frage, befinden sich sämtliche im Weltall vorhandenen kosmischen Massen in einem endlichen Raum, ist schon vor der Relativitätstheorie erörtert worden. Die geometrischen Untersuchungen von Riemann und von Helmholtz²⁾ führten ja unmittelbar zu dieser Fragestellung hin, wenn auch erst durch die Relativitätstheorie dieses Problem seine volle Bedeutung erhalten hat. Augenblicklich — und wohl noch auf lange Zeit hinaus — sind wir freilich bei weitem nicht in der Lage, eine einigermaßen abschließende Antwort auf die Frage nach der Endlichkeit der Welt geben zu können. Auf zwei Versuche zur Lösung soll hier jedoch hingewiesen werden. Der eine ist von K. Schwarzschild vor der Relativitätstheorie unternommen worden, der andere von W. de Sitter im Zusammenhang mit dieser. Beide gehen von ganz verschiedenen Annahmen über den Bau des Weltalls aus.

Schwarzschild³⁾ stellt sich vor, daß der Raum in seiner ganzen Ausdehnung mit dem uns umgebenden Fixsternsystem zusammenfällt, daß also letzteres den endlichen Raum völlig ausfüllt. Er findet, daß die Ergebnisse der Parallaxenbestimmungen, und unsere Vorstellung über die Verteilung der Sterne im Raum mit der Auffassung eines geschlossenen (u. zw. elliptischen) Raumes vereinbar sind, wenn letzterem ein Krümmungsradius von wenigstens 10^8 Erdbahnradien zukommt.

Von einer anderen Seite her müßte die Frage nach der Endlichkeit des Weltalls noch eine Klärung erfahren, worauf Schwarzschild am Schluß seiner Untersuchung hinweist. „Man sucht bekanntlich über die räumliche Anordnung der Fixsterne klar zu werden, indem man von möglichst einfachen und vernünftigen Annahmen über ihre durchschnittlichen Helligkeiten ausgeht und sie

dann derartig über die verschiedenen Distanzen von der Sonne verteilt, daß man die richtigen, beobachteten Anzahlen für die Sterne jeder Größenklasse erhält.“ Versuche von Schwarzschild selbst, die Ergebnisse der Sternabzählungen durch die Annahme eines geschlossenen Raumes darzustellen, führten zu einem negativen Ergebnis, doch mußten sie auf breiterer Grundlage wiederholt werden. „Freilich steht kaum zu erwarten, daß der Entscheid mit großer Bestimmtheit fallen würde, und so tritt uns schließlich die bedauerliche Tatsache entgegen, daß wenig Hoffnung ist, uns alsbald die Überzeugung von der Endlichkeit des Raumes verschaffen zu können.“ (Schwarzschild.)

6. Von gänzlich anderen Voraussetzungen geht W. de Sitter¹⁾ aus. Er betrachtet die Gesamtheit der für uns wahrnehmbaren Fixsterne unser Milchstraßensystem, nur als einen kleinen Teil des Universums. In großer Entfernung von diesem einen System sind ähnliche andere solcher Milchstraßensysteme, die uns als Spiralnebel oder auch als kugelförmige Sternhaufen erscheinen. Die Gesamtheit aller Milchstraßensysteme befindet sich in einem endlichen Raum. Diese Anschauung ist unserer Auffassung vom Aufbau des Kosmos im ganzen angemessener als diejenige Schwarzschilds. Gegen letztere spricht auch noch folgender Umstand: die Gravitationsgleichungen zweiter Art führen auf eine einfache Beziehung zwischen der Gesamtmasse des Weltalls und dessen Krümmungsradius. Wäre die Gesamtmasse des Weltalls gleich der unseres Milchstraßensystems, so käme man auf einen Krümmungsradius von 41 Erdbahnradien, also auf einen völlig unmöglichen Wert. Wir müssen also vom Standpunkt der Relativitätstheorie aus die Annahmen Schwarzschilds über den Aufbau des Universums fallen lassen.

W. de Sitter berechnet nun auf verschiedenen Wegen den Krümmungsradius des geschlossenen (und zwar elliptischen) Raumes. Er vergleicht den scheinbaren Durchmesser von Spiralnebeln an der Sphäre mit dem Durchmesser unseres Milchstraßensystems. Nimmt man an, daß alle diese Gebilde etwa von derselben absoluten Größe sind, so erhält man einen unteren Grenzwert für den Krümmungsradius. Weitere Werte ergeben sich, wenn man von Abschätzungen über die mittlere Dichte der Materie im Weltall ausgeht. Diese auf ganz verschiedene Weise abgeleiteten Werte des Krümmungshalbmessers stimmen recht gut untereinander überein und ergeben etwa 10^{12} Erdbahnradien. Ist die Auffassung de Sitters über den Aufbau des Universums zutreffend, so können statistische Untersuchungen, die an Sternabzählungen innerhalb unseres Milchstraßensystems anknüpfen, natürlich über die Endlich-

¹⁾ Dasselbe gilt für die Relativität der Trägheit überhaupt. Vergl. S. 12, 2. Spalte, Anmerkung 1.

²⁾ Siehe H. v. Helmholtz, Über den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome. Vorträge und Reden Bd. 2, Braunschweig 1896.

³⁾ K. Schwarzschild, Über das zulässige Krümmungsmaß des Raumes. Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft, 35. Jahrg., S. 337, 1900.

¹⁾ W. de Sitter, On the curvature of space, K. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings Vol. 20, 1917, S. 229 und W. de Sitter, On Einsteins theory of gravitation, and its astronomical consequences, 3. paper. Monthly Notices of R. Astronomical Society Vol. 78, Nov. 1917, Nr. 1.

keit der Welt noch weniger aussagen, als bei den Schwarzschild'schen Voraussetzungen zu erwarten wäre. Die bisherigen Ergebnisse zeigen nur soviel, daß ein Widerspruch mit der Annahme eines endlichen Weltalls *nicht* vorhanden ist.

Wir müssen heute die Endlichkeit der Welt (im Sinne der Riemannschen Geometrie) als eine *Vorhersage* der Relativitätstheorie betrachten, deren Wahrscheinlichkeit in dem Maße zunimmt, in welchem das Prinzip der Relativität aller Bewegungsvorgänge sich an anderen Erscheinungen bewähren wird. Doch ist es notwendig, die räumliche Geschlossenheit des Weltalls einmal aus den Beobachtungen selbst nachzuweisen, um der Relativitätstheorie den höchsten Grad von Sicherheit zu geben, der ihr als physikalischer Theorie zukommen kann.

Besprechungen.

Müller, L. R., *Das vegetative Nervensystem*. In Gemeinschaft mit Dr. Dahl, Dr. Glaser, Dr. Greving, Dr. Renner und Dr. Zierl dargestellt. Berlin, Julius Springer, 1920. VI, 299 S. und 168 teils farbige Abbildungen. Preis M. 48,—.

Das vegetative Nervensystem, welches im Gegensatz zu den Anschauungen der alten Medizin in der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts wenig gewürdigt wurde, ist neuerdings in physiologischer, pharmakologischer und klinischer Beziehung in den Vordergrund des Interesses gerückt. Auf Grund der bahnbrechenden Arbeiten von Gaskell, Langley und dessen Cambridge Schule, welche die moderne Anatomie und Physiologie des von Langley als autonom bezeichneten Nervensystems schufen, hat eine reiche Forschung von Seiten der Pharmakologen und namentlich der Kliniker eingesetzt. Unter den letzteren hat sich L. R. Müller besondere Verdienste um eine Durcharbeitung des Gesamtgebietes des vegetativen Nervensystems erworben, und er legt die Gesamtheit seiner Erfahrungen in der vorliegenden Monographie dar, unterstützt von einer Reihe seiner Mitarbeiter, deren Anteil am Werke aus den Titeln der einzelnen Abschnitte ersichtlich ist.

In erster Linie hat die Anatomie des vegetativen Nervensystems eine ungemein sorgsame Bearbeitung erfahren. Es bedurfte einer solchen sogar für die makroskopische Anatomie, die wegen der Struktur des vegetativen Nervensystems nicht mit ausschließlich anatomischen Methoden erkennbar ist, sondern der Analyse mit Hilfe experimenteller und klinischer Methoden benötigte. Durch ausgezeichnete Tafeln sind die recht verwickelten Verbindungen zwischen Zentralnervensystem, den vegetativen Ganglien und den peripheren Endorganen klar veranschaulicht, und wo es irgendwie zugänglich ist, auch die Funktionsweise der einzelnen Nervenfasern kenntlich gemacht. Nicht weniger genau werden die feineren mikroskopischen Verhältnisse in den verschiedenen Gebieten des autonomen Nervensystems beschrieben. Die Verfasser sind in ihren Bemühungen durch die treffliche Ausstattung von Seiten des Verlags auf das wirksamste unterstützt worden.

Die Physiologie des vegetativen Nervensystems, der eine zentrale Bedeutung für die Gesamtaufassung zukommt, ist eingehend für jedes einzelne Organsystem beschrieben, so daß ein Gesamtbild des ungemein umfassenden Wirkungsgebietes des vegetativen Nerven-

systems zustande gekommen ist. Einige wenige Punkte dürften wohl bei einer neuen Auflage, welche das Werk voraussichtlich verdientermaßen bald erleben wird, einer Revision unterzogen werden. Die Axonreflexe sollten nicht als eine Hypothese bezeichnet werden, sie sind vielmehr die richtige Formulierung experimenteller Tatsachen. Die Ablehnung einer Zwischensubstanz (myoneural junction nach Elliot, neuroplastische Zwischensubstanz nach Asher), welche das Zwischenglied zwischen Nervenendigungen und Leistungsprotoplasma sein sollen und auf deren Verhalten die mannigfaltige Wirkungsweise vegetativer Nerven zurückzuführen ist, erscheint angesichts der Fülle experimenteller Tatsachen, welche zu besagter Annahme führten, nicht gerechtfertigt. Daß in der Medulla oblongata ein beherrschendes Gefäßzentrum seinen Sitz hat, ist nicht allein auf das exakte Zentrum durch die Ludwigsche Schule bewiesen worden, sondern ist seitdem durch die mannigfachsten Methoden von einer ganzen Reihe von Forschern als gültig anerkannt worden, so daß diese Tatsache wohl gesicherter ist als die neue Lehre von den Zentren im Zwischenhirn.

Die Innervation der einzelnen vegetativen Organe ist auf das gründlichste durchgearbeitet. Was an anatomischen, physiologischen und klinischen Tatsachen sich beibringen läßt, hat seine richtige Verwertung gefunden. Der Schlußabschnitt des Werkes, welcher die Empfindung der inneren Organe und die Hunger- und Durstempfindung behandelt, zeigt die Vorzüge des Werkes im hellsten Lichte. Eine Fülle origineller Anschauungen findet sich in diesem Teile. Die Hungerempfindung wird durch die neue Theorie erklärt, daß der Mangel des Blutes an abbaufähigen Substanzen von einer umschriebenen Partie des Gehirnes die Leerkontraktionen des Magens und damit die Hungerempfindung verursacht. Die Durstempfindung wird auf eine Vermehrung der kristalloiden Stoffe im Blute zurückgeführt, wodurch im Zwischenhirn eine Reizung stattfindet. Von dieser Stelle werden Vorgänge im Körper ausgelöst, welche körperliche Empfindungen des Durstes verursachen und auf diese Weise zur notwendigen Flüssigkeitsaufnahme ermahnen.

Lange Zeit war die Lehre vom vegetativen oder sympathischen Nervensystem mit einem gewissen Scheine der Mystik umgeben. Biologen und Mediziner werden aus diesem Lehrbuch der Anatomie und Physiologie des vegetativen Nervensystems die Überzeugung gewinnen, daß diese Lehre an Klarheit der durch Beobachtung und Experiment zu gewinnenden Tatsachen keinem Kapitel der Physiologie nachsteht.

Leon Asher, Bern.

Spitta, O., *Grundriß der Hygiene*. Berlin, Julius Springer, 1920. XII, 534 S. und 197 Abbild. Preis geh. M. 36,—; geb. M. 42,80.

Im Friedensgewand erscheint ein neues Lehrbuch der Hygiene, welches bei ausgezeichneter Ausstattung und vorzüglichen, zum großen Teil mehrfarbigen Karten, Tabellen und Bakterienbildern wegen der Anordnung und Behandlung des Stoffes trotz der vielen hygienischen Lehrbücher freudig begrüßt werden wird. Es ist in diesem Buche eine solche Fülle von Tatsachenmaterial, auch auf biologischem Gebiete, zusammengetragen, daß es stets mit Interesse zur Hand genommen werden wird als Nachschlagebuch sowohl, wie auch als Lehrbuch. Anziehend macht das Buch schon die von der geläufigen Art der Darstellung abweichende Form der Einteilung des Stoffes nach überwiegend physiologischen Gesichtspunkten. Bei den rein hygienischen Fragen, denen von den sieben Abschnitten des Buches sechs ein-

geräumt sind, wird eine kurze Erörterung des Normalen vorangeschickt, was dem Studenten die Arbeit wesentlich erleichtern wird, speziell in dem Abschnitt über die Hygiene der Nahrungs- und Genußmittel. Daß auch gesundheitstechnische Fragen des täglichen Lebens erörtert, ferner die Zahnpflege aufgenommen wurde, entspricht einem Bedürfnis. Weitgehende Berücksichtigung fanden die Sozialhygiene nebst Gesetzen, die Säuglingsfürsorge, die Hygiene des Kleinkindes und des schulpflichtigen Alters und die Organisation der Gesundheitspflege. Wie es bei dem Verfasser zu erwarten war, hat eine besonders liebevolle Behandlung die Hygiene der Wasserversorgung und die Abwasserfrage erfahren. Die Mikroorganismen und Untersuchungsmethoden sind teilweise kurz behandelt. Die Beibehaltung der alten Nomenklatur der Dysenterie wird auf Widerspruch stoßen, bürgert sich doch die einfachere Einteilung in echte Ruhr (giftige Stämme) und Pseudoruhr (giftarme Stämme) mehr und mehr ein. Seitz, Leipzig.

Lassar-Cohn, Ad. Stöckhardts Schule der Chemie oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Versuche. Zweundzwanzigste Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1920. XXVI, 533 S., 200 Abbildungen und eine farbige Spektraltafel. Preis geh. M. 24,—; geb. M. 32,—.

Den „alten Stöckhardt“, dessen erste Auflage im Jahre 1846 erschien, kann man nicht ohne ein Gefühl der Pietät in die Hand nehmen. Unsere Väter und Großväter haben aus ihm ihre ersten Kenntnisse in der Chemie geschöpft, und es ist das einzige Lehrbuch, das sich von den Zeiten *Berzelius*, *Liebig* und *Wöhler* her in unsere Zeit hinübergerettet hat. Diese unverwüstliche Lebenskraft beweist sicherlich, daß in diesem anspruchslosen Anfängerbuche ein ausgezeichnet didaktischer Kern steckt, und das Geheimnis dieses Erfolges erklärt sich wohl hauptsächlich aus dem Umstande, daß die Darstellung ganz und gar, soweit das überhaupt möglich ist, auf die Beobachtung gestellt ist, daß das Experiment herrscht und daß überall mit Erfolg Klarheit und Anschaulichkeit erstrebt werden. Hierzu tragen nicht zum wenigsten die zahlreichen Abbildungen bei, wenn auch des Guten in dieser Beziehung vielleicht etwas zu viel geschehen ist. Das Buch ist also im wesentlichen ein „Tatsachenbuch“, arm an Verallgemeinerungen und insofern unmodern. Dagegen ist an sich nichts einzuwenden, denn man kann auf dem Standpunkte stehen, daß für eine erste Einführung solcher Leser, bei denen man kein durch den Besuch höherer Schulen begründetes Allgemeinwissen voraussetzen darf, das Theoretische auf das unbedingt Notwendige eingeschränkt werden soll. Bedenken ergeben sich erst dann, wenn das Allgemeine nicht organisch eingefügt ist, sondern gewissermaßen als Fremdkörper hie und da beigemischt erscheint. Wie man in dieser Beziehung zu verfahren hat, hat *Ostwald* in vorbildlicher Weise gelehrt. *Lassar-Cohn*, der den volkstümlichen Chemieunterricht schon durch manche willkommene Gabe bereichert hat, ist diesem Vorbilde aber im wesentlichen nicht gefolgt.

Wenn es z. B. auf Seite 6 heißt: „Wenn man nämlich darüber nachdenkt, wie die Materie beschaffen sein mag, so kommt man schließlich zu der Vorstellung, daß alles aus kleinsten Teilchen besteht, die jedes durch einen äußerst kleinen Zwischenraum vom Nachbarn getrennt sind“, und weiter unten: „Man weiß jetzt z. B., daß das Atom Eisen 56 mal so schwer, das Atom Brom 80 mal so schwer wie das

Atom Wasserstoff ist,“ und wenn dann unvermittelt sofort die Atomgewichtstabelle, bezogen auf Sauerstoff gleich 16, folgt, so ist das äußerst unbefriedigend.

Der Atombegriff schwebt hier, gewissermaßen als eine Konzeption a priori, vollkommen in der Luft. Seine Bedeutung kann überhaupt erst im Anschluß an die *Volumengesetze* und an das *Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen* verstanden werden. Diese Grundlagen müßten am Anfang gegeben werden, statt daß sie anhangsweise am Schlusse des anorganischen Teiles abgehandelt werden, während sie sonst im Text nur andeutungsweise auftreten. Auch die *Molekularhypothese* und die *Avogadrosche Regel* gehören hierher. Daß die *Gasgesetze* überhaupt nicht erwähnt werden, halte ich auch in einem ganz elementaren Buch, wie dem vorliegenden, für einen Fehler. Dafür hätte die Ionentheorie fortbleiben können (S. 171). Will man sie aber einführen, so darf man sich auch nicht zu ihr in Gegensatz setzen, indem man z. B. Kaliumhydroxyd (S. 176)¹⁾ aus dem Grunde für eine starke Base erklärt, weil es aus einer Lösung von Kupfersulfat Kupferhydroxyd fällt, also dem Sulfat die Schwefelsäure entzieht, eine Auffassung, die ja auch nach der älteren Lehre unkorrekt ist. Ein Mangel ist es auch, daß niemals „Stoffe“ und „Körper“ unterschieden werden. Mit Bedauern liest man z. B. auf Seite 90: „Die Körper kommen in drei Aggregatzuständen vor.“

Schließlich muß ich mich gegen das Kapitel Radium (S. 221) wenden, das auch nicht eine entfernte Vorstellung von der Bedeutung der Radioaktivitätslehre gibt und bei der gedrängten Kürze auch nicht geben kann.

Fasse ich den Gesamteindruck des Buches zusammen, so erscheint es mir also als ein Mangel, daß das Allgemeine meist nicht logisch eingearbeitet ist, sondern gewissermaßen als „accessorischer Bestandteil“ ein Sonderdasein führt. Dagegen gibt das reine Tatsachenmaterial in sorgfältiger Auswahl ein anschauliches und leichtfaßliches Bild; nur wäre zu wünschen, daß in manchen Fällen noch mehr Wert auf das *Vorkommen* der Stoffe in der Natur und auf ihre *technische Verwertung* gelegt würde. Diese besonders für einen Laien überaus wichtigen Gesichtspunkte sind im organischen Teile des Buches tatsächlich nach Verdienst in den Vordergrund gerückt, nicht so immer im anorganischen. Daß diese Dinge heute für jeden ein gesteigertes Interesse haben, braucht nicht betont zu werden. Auch die wirtschaftlichen Verhältnisse sollten noch mehr berücksichtigt werden.

R. J. Meyer, Berlin.

Andrée, Karl, Geologie des Meeresbodens. Band II.

Die Bodenbeschaffenheit und nutzbare Materialien am Meeresboden. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1920. XX, 689 S., 139 Textfiguren, 7 Tafeln und 1 farbige Karte. Preis geh. M. 92,—.

Das vorliegende Werk ist der erste umfassendere Versuch, die außerordentlich zerstreute Literatur über die Geologie des Meeresbodens zusammenzufassen und systematisch zu ordnen. Es kommt einem lebhaft empfundenen Bedürfnis entgegen und füllt eine Lücke in unserer geographischen und geologischen Literatur aus. Der erste noch nicht erschienene Band wird in zwei Hauptabschnitten eine morphologische Übersicht der Bodenformen mit Bemerkungen über ihre Entstehung und Bedeutung bringen sowie die endogene und exogene

¹⁾ Es sei bemerkt, daß auf dieser Seite „Kaliumhydroxyd“, „Kalihydrat“ und „Kupferoxydhydrat“ steht, ein schönes Beispiel für die Uneinheitlichkeit unserer Nomenklatur!

Dynamik des Meeresbodens. Der jetzt erschienene zweite Band behandelt in seinem Hauptteil (554 S.) die Bodenbeschaffenheit der Meeresräume. Den zwei kürzeren Kapiteln über das Felsgerüst des Meeresbodens und über stetige und unterbrochene Sedimentation schließt sich das umfangreiche Kapitel über die jungen Meeressedimente und ihre Bildung an. Hierin folgen nach einer speziellen Beschreibung der jetzt zur Ablagerung gelangenden Meeressedimente (340 S.) allgemeinere Betrachtungen über diese (186 S.), insbesondere über die für die Zusammensetzung der Meeressedimente wichtigsten Transportkräfte, den Kalkgehalt der Tiefseessedimente, Tiefseesande, über Schichtung und ihre Deutung, Einfluß von Klimaschwankungen auf die Sedimentation, Stratigraphie der Ablagerungen am Meeresboden, geographische Verbreitung der verschiedenen Meeressedimente in den einzelnen Ozeanen und Nebenmeeren. Ein Abschnitt über nutzbare Materialien am Meeresboden beschließt das Werk.

Vom geographischen Standpunkte besonders bemerkenswert ist die Einteilung der Meeressedimente, deren Abweichungen von der Krümmel'schen aus folgender Zusammenstellung hervorgeht.

Einteilung der Meeressedimente

I. Litorale oder strandnahe Ablagerungen

- a) Strandablagerungen,
- b) Schelfablagerungen.

II. Hemipelagische Ablagerungen nach Krümmel:

- a) Blauer und roter Schlick,
- b) Grünsand und grüner Schlick,
- c) Kalksand und Kalkschlick;

nach André: .

- a) Dunkler oder blauer Schlick.
- b) Roter Schlick,
- c) Glaukonitische Sedimente,
- d) Kalkschlicke,
- e) Schwefeleisenreiche Schlicke.

III. Eupelagische oder landferne Ablagerungen. nach Krümmel:

A. Epilophische Bildungen

- a) kalkhaltiger Tiefseeschlamm
 1. Globigerinenschlamm,
 2. Pteropodenschlamm,
- b) kieselhaltiger Tiefseeschlamm
 3. Diatomeenschlamm;

B. Abyssische Bildungen

4. Roter Tiefseeton,
5. Radiolarienschlamm;

nach André:

- A. Kalkreich: Globigerinenschlamm, besondere Facies: Pteropodenschlamm;
- B. Kalkarm, bzw. -frei
 - a) Roter Tiefseeton, besondere Facies: Radiolarienschlamm,
 - b) Diatomeenschlamm.

Die Einteilung der litoralen Ablagerungen stimmt bei beiden Autoren ganz überein. Bei den hemipelagischen Bildungen wird jetzt vom blauen der rote Schlick, der eine durch im wesentlichen klimatische Verhältnisse auf dem benachbarten Festlande bedingte örtliche Variante des blauen Schlicks darstellt, abgetrennt. Der Grünsand ist nach dem ihn charakterisierenden Glaukonit benannt, und endlich sind noch als besondere Gruppe die schwefeleisenreichen Schlicke des Schwarzen Meeres hervorgehoben. Wesentlichere Abweichungen weist die Einteilung der eupelagischen

Sedimente auf. Es tritt in ihr der Fortschritt unserer Kenntnis durch die „Valdivia“- und „Gauß“-Beobachtungen und durch die darauf gestützten Arbeiten Philippis hervor. Die Abhängigkeit des Kalkgehalts von der Tiefe war auch Krümmel schon bekannt, aber er hielt diese für viel regelmäßiger, als es nach unseren jetzigen Kenntnissen der Fall ist, indem er annahm, daß die kalkhaltigen Ablagerungen auf den mäßig tief gelegenen Schwellen und Rücken inmitten der Ozeane überwiegen, dagegen in den abyssischen Räumen, und zwar sowohl in der Mitte wie am Rande der Ozeanbecken, kalkarme rote Tone auftreten, die gelegentlich durch die Reste der Radiolarien auch reich an Kieselsäure sein können. Er kam zu der Ansicht, daß durch die Unterscheidung in epilophische und abyssische Sedimente sowohl der räumlichen Anordnung wie der Beschaffenheit Rechnung getragen sei. Tatsächlich aber kommen die Globigerinen- und Diatomeenschlamm z. T. in erheblichen Tiefen vor, den ersteren hat man im Nordatlantischen Ozean bis 6000 m Tiefe gefunden, andererseits tritt der rote Ton im Südindischen Ozean bereits in 4700 m Tiefe auf, so daß der nun vorliegenden Einteilung zuzustimmen ist.

Da die Bildung von Kalk auf anorganischem Wege nur in ganz unbedeutendem Maße erfolgt und fast ausschließlich Organismen als Kalkbildner in Frage kommen, könnte man annehmen, daß der Kalkgehalt der Tiefseessedimente in erster Linie durch die Häufigkeit des Vorkommens kalkbildender Organismen bedingt ist oder vielmehr durch das gegenseitige Verhältnis in den Besiedlungstärken des Meeres mit Skelettbildnern einerseits und Skelettsammlern andererseits, da die von den schleimigen Bestandteilen des Darmes der kalkskelettfressenden Organismen umgebenen Skelette größere Aussicht haben, unbeeinflusst von der kalklösenden Fähigkeit des Meerwassers den Boden zu erreichen als die unmittelbar absinkenden Skelette. Für geringere Meerestiefen (bis 4000 m) weist André tatsächlich eine Abhängigkeit des Kalkgehaltes des Globigerinenschlammes von der Verbreitung des kalkschaligen Planktons nach, für größere Tiefen aber zeigt sich, daß häufig unterhalb von an Kalkbildnern reichen Wasserschieden kalkarme oder gar kalkfreie Ablagerungen gefunden werden. Es muß daher der Kalk in der Tiefe in hohem Maße aufgelöst werden. Philippis meinte nun, daß dem Sauerstoffgehalt eine ausschlaggebende Bedeutung für die Fähigkeit des Meerwassers, Kalk zu lösen, zukäme und daß daher der sauerstoffreiche kalte antarktische Tiefenstrom besonders kalkauflösend wirke. Da nun in diesem der Sauerstoffgehalt nach Norden abnimmt, müßten im Nordatlantischen Ozean kalkreiche Sedimente bis in größere Tiefen reichen als im Süden. Die vorliegenden, von André diskutierten Beobachtungen sprechen nicht dafür. Die für die einzelnen 10°-Zonen im Atlantischen Ozean bestimmte Grenzzone zwischen Globigerinenschlamm und rotem Ton zeigt das nach Philippis Ansicht zu fordernde Ansteigen nach Süden nicht, ebenso stimmt auch der für die einzelnen Tiefenhorizonte von 1000 zu 1000 m untersuchte Kalkgehalt des Globigerinenschlammes nicht damit überein. André schließt deshalb, „daß nicht in erster Linie der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers, sondern — neben dem weiten Wege, den die absinkenden Planktonreste bis zum Tiefseeboden zurücklegen müssen — vor allem der Druck, welcher auf den tieferen Wasserschieden ruht und die Lösungsfähigkeit des Meerwassers befördern muß, dafür verantwortlich zu machen ist, wenn wir in mittleren Breiten mit zunehmender Tiefe den kalkreichen

Globigerinenschlamm dem kalkarmen oder -freien Ton Platz machen sehen.“

Die auffällige Erscheinung, daß der Globigerinenschlamm sein Hauptverbreitungsgebiet im Atlantischen Ozean hat und außerdem nur im westlichen Indischen Ozean und südöstlichen Stillen Ozean auf größere Erstreckung vorkommt, möchte der Verfasser mit Murray mit dem höheren Salzgehalt des Atlantischen Ozeans in Verbindung setzen, indem dieser der Verbreitung kalkschaligen Planktons günstig zu sein scheint.

Die in den Tiefseesanden auftretenden Mineralkörner leitet *Andrée* mit *Philippi* von submarinen Berggipfeln her; die Möglichkeit der Erklärung durch die Wegenersche Hypothese der Kontinentalverschiebung wird nicht diskutiert.

Besonderes geographisches Interesse beanspruchen die ausführlich auf etwa 200 Seiten behandelten litoralen Bildungen, insbesondere die Strandablagerungen, die Wirksamkeit der Wellen, der Küstenströmungen, der Brandung, die Deltabildung usw. werden eingehend besprochen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß hier ein über alle in das behandelte Gebiet fallenden Fragen eingehend unterrichtendes und mit reichen Literaturnachweisen versehenes Buch vorliegt, dessen Hauptwert vielleicht darin besteht, daß die Aufmerksamkeit auf eine Fülle von offenen oder unbefriedigend gelösten Problemen gelenkt wird und damit die Anregung zur Untersuchung von Einzelfragen gegeben ist, insbesondere auch für künftige ozeanographische Forschungsreisen.

Erwähnt sei, daß das Werk vom Verlage gut ausgestattet ist. Zahlreiche gut ausgewählte Abbildungen erhöhen die Anschaulichkeit, beigegeben ist eine Karte der Verbreitung der rezenten Meeressedimente und des Treibeises. Hoffentlich folgt der erste Band dem zweiten bald nach.

Bruno Schulz, Hamburg.

Planck, Max, Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie. Nobel-Vortrag, gehalten vor der königlich schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm am 2. Juni 1920. Leipzig, Joh. Ambros. Barth, 1920. 32 S. Preis M. 4.—

Mit besonderem Interesse wird jeder dies kleine Heftchen zur Hand nehmen, denn hier schildert der Begründer der Quantentheorie selbst ihre Lebensgeschichte. Mit der vornehmen Bescheidenheit und Zurückhaltung, die den großen Forscher ziert, aber auch mit dem Stolz und der Begeisterung des Schöpfers, wirft hier *Max Planck* von hoher Warte einen Rundblick über das neue Wunderland, das er vor nunmehr 20 Jahren erschlossen hat. Ein breiter Raum ist der Ableitung des Strahlungsgesetzes gewidmet, der unvergänglichen Hauptleistung *Plancks*, die zum erstenmal den Begriff der Energiequanten und ihrer Notwendigkeit ins hellste Licht rückte. Von da an geht der Weg, unter mannigfaltigen Abzweigungen, über die Molekulartheorie der spezifischen Wärmen und die Durchgangstheorie der Lichtquantenhypothese, zur Bohrschen Theorie der Spektralserien, die, durch *Sommerfeld* und *Epstein* weiter ausgebaut und vertieft, den bedeutsamsten und überzeugendsten Erfolg auf dem Triumphzuge der Quantenlehre darstellt.

F. Reiche, Berlin.

Mitteilungen

aus verschiedenen Gebieten.

Über eine neue Methode zur Messung der Oberflächentemperatur der Gewässer berichtet *A. Merz* in den Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde,

Neue Folge, Reihe A, Heft 5: Die Oberflächentemperatur der Gewässer, Methoden und Ergebnisse, Berlin 1920. Während die Wassertemperatur auch der größten Meerestiefen schon seit etwa 20 Jahren mit Hilfe der von *C. Richter* (Berlin) hergestellten Umkippthermometer bis auf Hundertstelgrade genau gemessen werden kann, sind bislang die Messungen der Oberflächentemperatur kaum auf Zehntelgrade, ja, zuweilen nicht auf ganze Grade genau. — Die Oberflächenmessung wird auf See meist so vorgenommen, daß ein in $\frac{1}{8}$ Grade geteiltes Thermometer wagerecht in die Oberfläche gelegt und im Wasser abgelesen wird. Dabei wird also die Temperatur der obersten, einige Zentimeter mächtigen Wasserschicht gemessen, wobei durchaus keine Sicherheit besteht, daß sich das Instrument bei allen Messungen bis auf 1 cm genau in der gleichen Tiefe befindet. Noch roher ist die Messung auf See. Dort wird mit einem Schöpfemer oder einer Pütze eine Wasserprobe an Bord geholt und dann die Messung ausgeführt. Hierbei kann je nach der Art, wie der Schöpfemer ins Wasser gebracht wird, was von der Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes, von dem Beobachter und auch von der Größe und dem Gewicht des benutzten Schöpfemers stark abhängt, die Mächtigkeit der untersuchten Oberflächenschicht in unkontrollierbarer Weise um mehrere Dezimeter schwanken, so daß, wie wohl jeder aufmerksame Beobachter auf See bemerkt hat, am selben Ort vom gleichen Beobachter kurz nacheinander ausgeführte Messungen der Oberflächentemperatur nicht übereinstimmende Zahlen ergeben. Z. B. fand *Merz* auf einer Reise mit dem Kabeldampfer „Stephan“, daß im Gebiet des Westafrikanischen Schelfes nacheinander angestellte Beobachtungen sich im Mittel von 48 Beobachtungspaaren um $0,18^\circ$ unterschieden, im Einzelfall sogar bis um $0,95^\circ$! Auf offener See waren die Unterschiede geringer, so ergab sich auf der Reise von Monrovia nach Pernambuco ein mittlerer Unterschied von nur $0,02^\circ$. Bei ruhiger See, ungehinderter Ein- und Ausstrahlung oder starker Trübung des Wassers, wo sich große vertikale Temperaturgradienten ausbilden können, werden die Unterschiede zwischen der Temperatur der oberflächlichsten dünnen Schicht und der tatsächlich gemessenen Mitteltemperatur der oberen bis zu einem halben Meter mächtigen Wasserschicht wesentlich größer sein als die obigen Zahlen, da diese ja nur durch die Unmöglichkeit, mit der Schöpfemermethode eine Schicht von immer gleicher Mächtigkeit zu messen, bedingt sind. Große Temperaturgradienten in der obersten Wasserschicht sind vor allem in windstilleren Meeresgebieten, so in der Äquatorialregion, dann aber in Lagunen und Binnenseen zu erwarten. Im Pontensee bei Walkenried an der Südseite des Harzes an einer seichten Stelle, an der der See von einer dicken und zähen Algendecke bedeckt war, angestellte Beobachtungen ergaben, daß an der Oberfläche eine Temperatur von 29° , in 20 cm aber nur 8° herrschte, dort trat also bei 20 cm Tiefenzunahme eine Temperaturabnahme um 21° auf!

Aus diesen wenigen Angaben geht schon hervor, daß es geradezu ein Bedürfnis war, eine Methode zu finden, welche die Temperatur der oberflächlichen Wasserschichten mit ähnlicher Genauigkeit wie die der Tiefe zu messen gestattete. Es ist ein sehr wesentliches Verdienst von *A. Merz*, daß er in Verbindung mit der Firma *C. Richter* und *Wiese* (Berlin) einen diese Aufgabe lösenden Apparat konstruiert hat. Das neue Oberflächenthermometer besteht aus einem

etwa 12 cm langen Quecksilbergefäß von 1 mm Durchmesser, das in geeigneter Weise durch einen Schutzkorb gegen Bruch geschützt ist und bei der Beobachtung horizontal ins Wasser getaucht wird. Die an das Gefäß angesetzte Kapillare geht zunächst, um ein Eintauchen des Quecksilbergefäßes in verschiedene Tiefen zu ermöglichen, 15 cm lang senkrecht aufwärts, dann im rechten Winkel gebogen 14,2 cm horizontal weiter; auf dieser horizontalen Strecke ist eine in $\frac{1}{5}^\circ$ geteilte Skala von -2° bis $+41^\circ$ angebracht. Der Abstand der einzelnen Teilstriche beträgt 0,66 mm. Die Ablesung ist bis auf 0,02° genau. Da der aus dem Wasser herausragende Quecksilberfaden selbst wieder als Thermometer wirkt, ist zur Anbringung der erforderlichen Korrektur das Kenntnis der Temperatur dieses Quecksilbers nötig. Zu deren Messung sind dem erwähnten Hauptthermometer parallel laufend zwei Hilfsthermometer angebracht; alle drei sind von einem gemeinsamen Schutzrohre umgeben. Das Gefäß des einen Fadenthermometers reicht von der Ansatzstelle der Hauptthermometerkapillare bis zum Teilstrich $+10^\circ$, das andere bis zum Teilstrich $+30^\circ$ des Hauptthermometers, so daß eins der beiden Hilfsthermometer niemals um mehr als 10° vom

mittags nach einer wolkenlosen Nacht, also nach ungehinderter Ausstrahlung, bei völliger Windstille und großem Wärmeüberschuß des Wassers über die Luft, festgestellt, daß die Temperatur an der Oberfläche um $0,9^\circ$ niedriger war als in 10 cm Tiefe (dort $+19,41^\circ$)! Es muß demnach bei Windstille ein beträchtlicher Dichteüberschuß der Oberflächenschicht gegen das tiefere Wasser auftreten, bevor Konvektionsbewegungen auftreten. Da die Dichtedifferenzen bei gleichen Temperaturintervallen mit der Temperatur des Wassers stark abnehmen, und gleichzeitig die innere Reibung wächst, können sich bei niedriger Temperatur unter sonst gleichen Bedingungen noch größere Temperaturunterschiede zwischen Oberfläche und Tiefe halten; z. B. ist der Dichteunterschied zwischen Wasser von 4° und 9° ebenso groß wie in obigem Falle zwischen $18,5$ und $19,4^\circ$.

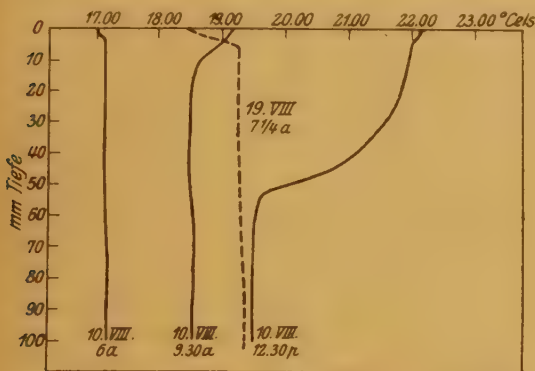
Bei der in der Figur dargestellten Beobachtungsreihe vom Hölteich nahm bis 9,30 vormittags die Temperatur in der ganzen Wasserschicht bis 11 cm Tiefe zu, besonders an der Oberfläche, diese ist um $0,65^\circ$ stärker erwärmt als das Wasser in 2 cm Tiefe und darunter. Daß die Schicht von 2 bis 11 cm homotherm ist, deutet darauf hin, daß die Erwärmung nicht allein auf Einstrahlung zurückzuführen ist, denn dann müßte die Temperaturzunahme mit der Tiefe im Vergleich zur 6-Uhr-vormittags-Beobachtung schnell abnehmen, werden doch nach W. Schmidt bereits im obersten Millimeter reinen Wassers 14 % und in der gesamten hundertmal so mächtigen obersten Dezimeterschicht 45 % der gesamten Strahlungsmenge absorbiert. Es ist vielmehr anzunehmen, daß im vorliegenden Falle der auftretende Wind von der Stärke 1 genügt, um die oberste Wasserschicht zu durchmischen. Bis zum Mittage trat weitere Erwärmung ein, aber, da die Erwärmung der oberflächlichsten Schicht nun wesentlich schneller fortschritt, war bei den nun größeren Dichteunterschieden der unverändert gebliebene schwache Wind nur noch in der Lage, das Wasser bis etwa 5 cm Tiefe zu durchmischen. Dort trat nun die in der Figur dargestellte Sprungschicht auf.

Besonders interessant und weiterer Untersuchung wert ist, daß in der Sprungschicht Anzeichen von internen Wellen gefunden wurden. Während der Mittagsbeobachtungen hob und senkte sich in 5 cm Tiefe der Stand des Thermometers regelmäßig um $0,4^\circ$. Beim Auftreten einiger stärkerer Windstöße wurde die Sprungschicht plötzlich um 1 cm tiefer gelegt und das Wasser so durchmischt, daß nun in 6 cm Tiefe eine im Mittel um $0,85^\circ$ höhere Temperatur als vorher in 5 cm Tiefe festgestellt wurde.

Diese kurze Mitteilung über die Hauptergebnisse der Merzschen Beobachtungen zeigen, daß das neue Oberflächenthermometer uns wichtige Aufschlüsse über die bei der Konvektion, der Ausbildung der Sprungschichten usw. auftretenden Vorgänge zu verschaffen verspricht.

B. Schulz.

Die biologischen Hilfsquellen der Gewässer Nordamerikas in wirtschaftlicher Hinsicht schildert in einem Überblick V. E. Shelford (The Geographical Review, 9, 250, 1920). Nach diesen Ausführungen steht die Ausnützung der einheimischen Gewässer auf tiefer Stufe. Die sehr bedeutenden Erträge der amerikanischen Fischerei sind mit einem Rückgang der Tierwelt erkauft, der noch gesteigert wird durch sonstige Maßnahmen der sich ausbreitenden Zivilisation. — Was die Süßwasserfische anlangt, so haben



Temperaturänderung mit der Tiefe im Hölteich und im Prioresee 1919 nach Beobachtungen von

A. Merz.

— Hölteich. — Prioresee.

Stande des Hauptthermometers absteht. Die Korrektur kann bis auf $0,01^\circ$ genau gemessen werden. Ins Wasser gesetzt werden die Thermometer mit Hilfe eines Schwimmrahmens, der mit Einrichtungen zur genauen Einstellung der Quecksilbergefäße in die Wasseroberfläche oder in Tiefen innerhalb der obersten 15-Zentimeter-Schicht versehen ist. Geeignete Vorrichtungen hindern Verfälschung der Ergebnisse durch Sonnenstrahlung. Zur Messung nur der Oberflächentemperatur dient ein einfacheres Thermometer, bei dem der Vertikalschenkel, und da es ganz in der Wasseroberfläche liegt, auch die Einrichtung der Hilfsthermometer fehlt.

Die von A. Merz in einigen bei Walkenried gelegenen Seen und im Sakrower See bei Potsdam mit dem Richterschen Oberflächenthermometer gewonnenen Beobachtungen haben sehr interessante Ergebnisse gebracht. Mehrfach wurde an der Oberfläche kälteres, schwereres Wasser als in der Tiefe festgestellt; so nahm am 10. August 1919 um 6 Uhr vormittags im Hölteich bei Walkenried in den obersten 3 mm die Temperatur um $0,15^\circ$ zu (s. Figur). Im Prioresee wurde am 19. August 1919 um 7 1/4 Uhr vor

Besiedlung der Ufer, Raubfischerei, Verunreinigung und Verwüstung durch die Industrie den ehemals ungeheuren Reichtum der nordamerikanischen Ströme an Salmen, Forellen, Aalen, Barschen, Maifischen usw. und der großen Seen an Maränen, Renken und Felchen stark gelichtet. Auch in der Küstenfischerei ist ein Rückgang der noch viel empfindlicheren Meeresorganismen (Trepang, Kruster, Schellfisch usw.) im Bereiche verunreinigender Zuflüsse bemerkbar. Höchst nachteilig für die Fischwelt war die Eindeichung der Ströme, die ihr den Zugang zu den Laichplätzen abschnitt und durch Ausschluß der Muschellarven beherbergenden Fische auch die Gründe nutzbarer Muscheln schädigte. In sumpfigen stehenden Gewässern, die reich an den sehr begehrten Ochsenfröschen (Froschschenkeln) und an den merkwürdigerweise mehr von den Ausländern bevorzugten Krebsen sind, nehmen die Schildkröten wegen der Vernichtung ihrer Brutplätze ab. An jagdbaren Wasservögeln besitzt Nordamerika an 200 Arten, davon 74 ebbare. Ein Teil von ihnen ist auch wegen der Vernichtung von Mückenlarven, Raupen, Heuschrecken, Kornwürmern und anderen Schädlingen von hohem Nutzen. Ihre Ausrottung und die Zerstörung ihrer Lebensgrundlagen hat daher doppelten Schaden zur Folge. In Abnahme oder im Verschwinden begriffen sind auch die kleinen Pelztiere, Biber, Bismarcke und Skunk infolge Beseitigung der Flachwasser- und Ufervegetation. — Die Wasservegetation enthält Gespinnst- und zur Papierbereitung und Böttcherei geeignete Gewächse, dazu Nährpflanzen (Sagittaria, Nelumbo), deren Kultivierung verlohnte. Zu den Maßnahmen, die die Wassertier- und -pflanzenwelt in hohem Grade schädigen, gehört neben den genannten auch das rücksichtslose Austrocknen der Sümpfe und die ungeeignete Abwasserableitung, die außerdem auch gesundheitsschädlich wirken kann. — Der Verfasser deutet Ratschläge an, wie durch Anlage von Fischwegen längs der Ströme, durch einsichtsvollere Entwässerung der Sümpfe, durch geeignete Ableitung der Abwässer usw. die heimische Wasserorganismenwelt erhalten werden kann und weist nach, daß sie bei sinngemäßer Ausnutzung ungleich höhere wirtschaftliche Werte zu spenden vermag als es bei dem bisherigen Raubbau möglich war.

Rutschungen und Erdbeben am Panamakanal. (R. M. Brown, Five years of the Panama Canal. The Geographical Review, 9, 191, 1920.) Der am 15. August 1914 eröffnete Panama-Kanal war bis zum 1. Juli 1919 im ganzen 242 Tage durch Rutschungen verschlossen. Davon entfallen 210 auf eine vom Herbst 1915 bis zum Frühjahr 1916 reichende Periode zusammenhängender Rutschungen. Störungen unterworfen ist allein der den höchsten Teil des Isthmus schneidende sog. Culebradurchstich, eine nur 2,5 % der gesamten Kanallänge betragende Strecke. Man unterscheidet zwei Arten von Rutschungen. Die einen — verhältnismäßig bedeutungslosen — ereignen sich in der losen Erdbedeckung steiler Hänge, die andern, den gewöhnlichen Typ ausmachenden, rühren von der durch den Kanalbau gesetzten Gleichgewichtsstörung her. Ihrer — bei der Anlage zu gering veranschlagten — seitlichen Unterstützung beraubt, geben die Böschungen des Durchstiches in Richtung auf den Kanal nach. Auch findet ein Emporpressen des Bodens der Kanalsohle statt, das sich im Aufsteigen von Inseln äußert. Die größte Höhe der Rutschungen im Herbst 1915 betrug 21 m über dem mittleren Wasserstand bei einer Längenausdehnung von 85 m. Eine zur Untersuchung der großen Störungen ausgeschiede

Kommission stellte dem Kanal eine günstige Prognose und begründete sie damit, daß die die Rutschungen auslösende weiche Bodenart (wahrscheinlich Tuffe) nur geringe Ausdehnung habe und von hartem, nicht zu Bewegungen neigenden Fels (wohl Lava) begrenzt sei. In der Tat haben sich seit jenen großen Ausgleichsbewegungen ernstliche Störungen nicht mehr eingestellt. Man nimmt an, daß der Kanal die Gefahr längerer Geschlossenheits überwinden habe.

Erdbeben ist der ganze Isthmus ausgesetzt. Die bisherigen Beobachtungen lehren, daß solche eine gewöhnliche Erscheinung sind. Im Rechnungsjahr 1916 wurden 59 örtliche Beben verzeichnet. Von den 32 Beben des folgenden Jahres waren 7 fern, 1000 Meilen überschreitenden Ursprungs. Ähnlich in den folgenden Jahren. Der heftigste Stoß war von „mäßiger Stärke“ (V der Rossi-Forcelschen Skala), die übrigen belangreicheren „schwach“ und „sehr schwach“ (IV und III). Nennenswerter Schaden wurde nur im ersten Falle angerichtet. Man verhehlt sich aber nicht, welches Unheil ein stärkeres Beben der dauernd bedrohten Kanalzone zur Folge haben könnte.

B. Brandt.

David L. Webster (Phys. Rev. 16, 31, 1920, Quantum emission phenomena in radiation) findet, daß die Bohrsche Theorie der Serienspektren zur Erklärung der Absorption versagt. Wenn Webster das Analogon der Röntgenabsorptionsgrenzen z. B. bei der Hauptserie des Na vermisst, so beruht das auf einer Unkenntnis der Tatsachen, weil gerade hier das von der Theorie geforderte kontinuierliche Absorptionsgebiet im Ultraviolett, beginnend von der Seriengrenze, durch R. W. Wood festgestellt ist (s. z. B. N. Bohr, Phil. Mag. 26, 17, 1913). Die übrigen Einwände W.s beziehen sich auf die wohl bekannten Schwierigkeiten in der Lokalisation der Strahlungsquanten, Widersprüche mit den Tatsachen der Interferenz, Länge der nach klassischer Berechnung erforderlichen Zeit zur Aufspeicherung eines ganzen „Quantums“ in einem Resonator. Zur Hebung dieser Schwierigkeiten will W., daß der Energiesatz für den einzelnen Resonator nur statistische Gültigkeit haben soll, ein Gedanke, der, wenn näher ausgeführt, gewiß Beachtung verdienen würde.

Clifton G. Fownd (Phys. Rev. 16, 41, 1920) bestimmt die Ionisierungsspannungen einiger Gase nach dem Vorgang von Tate und Foote (Phil. Mag. 36, 1918) und Foote und Mohler (ibid 37, 1919) aus derjenigen Elektrodenspannung $V_{krit.}$ einer mit dem betreffenden Gas gefüllten Glühkathodenröhre, von welcher an der Strom i stärker zu wachsen beginnt als nach der Langmuirschen Beziehung: $i = A(V + V_0)^{3/2}$ im hohen Vakuum. V_0 trägt der Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen Rechnung und wird aus den Versuchen bestimmt. $V_0 + V_{krit.}$ ist die Ionisierungsspannung. Die gefundenen Werte der letzteren sind (Volt): Ar 15,6, N₂ 15,8, CO 15,0, H₂ 15,1, He 20,5, Hg 10,1, Joddampf 8,5. He zeigt einen ersten schwachen Knick schon bei etwa 16,5 V.

In der Elektronentheorie verschwindet bekanntlich im allgemeinen nicht die Resultierende der Maxwell'schen Spannungen auf einen materiefreien Raumteil. Man erblickt ihr Korrelat in der Zunahme der elektromagnetischen Bewegungsgröße des betreffenden Raumteils. H. A. Wilson (Phys. Rev. 16, 17, 1920, On electromagnetic momentum) kritisiert — wohl mit Recht — Lorentz'sche (Theory of Electrons p. 31) und Cunningshamsche (Relativity and the Electron theory p. 80) Vorstellungen über eine damit verbunden zu denkende Bewegung des Trägers (Äthers);

wenn jene elektromagnetische Bewegungsgröße überhaupt in die Faktoren Masse \times Geschwindigkeit spaltbar sei, so seien das Masse und Geschwindigkeit des Feldes, nicht seines Trägers. Dabei trete der Begriff: Geschwindigkeit des Feldes — in vollkommene Analogie zu der „Geschwindigkeit der Materie“, wenn man beide, Feld und Materie, als fortwandernde („growing in front, fading away behind“) Modifikationen des Äthers auffaßt. — Die Durchführung des Gedankens scheint dem Referenten auf Schwierigkeiten zu stoßen, da die elektromagnetische

Bewegungsgröße von der Masse und Geschwindigkeit weder in der von der alten Mechanik noch in der von der Relativitätstheorie geforderten Weise abhängt, und da ein Spannungssystem gefordert werden muß, das mit dem Maxwell'schen nicht übereinstimmt. — Die ganze Frage nach dem Korrelat jener Resultierenden scheint eben durch Einführung der elektromagnetischen Bewegungsgröße hinreichend geklärt, die Frage, was sich da eigentlich bewege, bedeutungslos — *mechanomorph*, wenn der Ausdruck in Anlehnung an „anthropomorph“, gestattet ist. E. Schrödinger.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. 1920.

15. Januar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

1. Hr. Einstein sprach über *Das Trägheitsmoment des Wasserstoff-Moleküls*. Wendet man die Tetrode'sche Theorie der Entropiekonstante auf den Freiheitsgrad der Rotation des Wasserstoffes an, so erhält man eine Formel, welche aus der Kurve der spezifischen Wärme das Trägheitsmoment J ohne Quantentheorie exakt zu berechnen gestattet. Man erhält so den Wert $J = 0,96 \cdot 10^{-41}$. Die Publikation erfolgt später.

2. Hr. Correns überreichte die zweite Fortsetzung seiner *Vererbungsversuche mit buntblättrigen Sippen*, III. *Veronica gentianoides albocincta*, IV. *Die albomarmorata- und albolupulina-Sippen*, V. *Mercurialis annua versicolor und cantha*. (Ersch. später.)

III. *Veronica gentianoides albocincta* ist eine echte Weißrandform (keine Periklinalechimäre), bei der die Weißkrankheit weder durch eine Anlage vererbt noch direkt durch die farblosen (nicht, wie bei der *f. typica*, grünen) Samenanlagen übertragen wird.

IV. Die *Ipomoea imperialis albomarmorata* und das *Tropaeolum majus albolupulinum* sind zwei weißbunte, konstante Sippen, die mit den dominierenden *typica*-Sippen ganz regelmäßig spaltende Bastarde bilden. Bei der *f. albolupulina* ist nur das Mosaik viel feiner als bei der *f. albomarmorata*.

V. Bei *Mercurialis annua* gibt es außer einer *cantha*-Sippe eine *f. versicolor*, bei der die Blätter zuerst fast rein gelb sind und später, von der Spitze ab, normal grün werden. Auch sie ist rezessiv gegen die *typica*-Sippe und spaltet aus dem Bastard normal ab.

29. Januar. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

1. Hr. Orth las über *Unfälle und Knochenbrüche*. Nach Zurückweisung des Versuchs, einen Gegensatz zwischen kausalem und konditionalem Denken in der Medizin herzustellen, wird darauf hingewiesen, daß gerade die Knochenkrankheiten gute Beispiele dafür liefern, daß die Krankheiten in der Regel nicht nur eine Ursache haben, sondern daß verschiedene Ursachen oder Bedingungen zusammentreffen müssen, damit eine Krankheit entsteht. Das gilt selbst für die Knochenbrüche, bei denen neben der Gewalteinwirkung auch noch die Knochenbrüchigkeit eine wesentliche Rolle spielt. An einer Anzahl von begutachteten Fällen kommt die Bedeutung der Rückenmarkschwindsucht, der Leukämie, des Alters, der Geschwulstbildung für die Knochenbrüchigkeit zur Erörterung. Einige durch die verschiedene Beurteilung, welche sie ärztlicherseits erfahren haben, interessante Fälle von Wirbelsäulenverletzungen werden hinzugefügt.

2. Hr. Engler überreichte die 8. Auflage von *Engler-Gilg, Syllabus der Pflanzenfamilien* (Berlin 1919) und Heft 70 (IV. 105) des Werkes „Das Pflan-

zenreich“: O. E. Schulz, *Cruciferae-Brassicaceae*. Pars 1. (Leipzig 1919.)

5. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

1. Hr. Rubner sprach über das Thema: *Der Nahrungstrieb des Menschen*. (Ersch. später.) Es wird der Versuch gemacht, nach Beobachtungen der freien Ernährung großer Volksmassen und aus dem Vergleich der Ernährung der wichtigsten Kulturvölker bestimmte Gesetze oder Regeln für die natürliche Nahrungswahl zu finden und das Triebhafte in der Ernährung des Menschen nachzuweisen.

12. Februar. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Orth legte eine Mitteilung vor über *Traumen und Knochenerkrankungen*. Die Osteomyelitis ist eine hämatogene eiterige Entzündung, bei der nicht eine Gewalteinwirkung, sondern Bakterien im Vordergrund stehen. Ein Unfall kann durch eine Hautwunde diesen die Eintrittspforte liefern; aber wichtiger ist, daß er für die örtliche Ansiedelung der Bakterien eine Disposition schaffen kann, die besonders in Verbindung mit der natürlichen Disposition wachsender Knochen für die Entstehung einer Osteomyelitis von wesentlicher Bedeutung sein kann. Den Tod kann eine Osteomyelitis direkt herbeiführen, indem aus ihr eine Septikopyämie entsteht, aber sie kann auch indirekt für ihn mitverantwortlich werden, indem sie die Grundlage von Verstümmelungen, allgemeinem Siechtum, Fettleibigkeit (Fettherz) abgibt. An 9 begutachteten Fällen werden die besonderen in Betracht kommenden Verhältnisse näher erläutert.

10. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Penck sprach über *das Alter der pflanzenführenden Ablagerungen unter den Moränen der Alpen*. Sie zerfallen in drei Gruppen: 1. Die Riß-Würm-interglazialen Schieferkohlen der Nordschweiz und Oberbayerns, Nordtirols, die Tone von Râ und Pianico mit einer der heutigen gleichenden Flora und *Elephas antiquus*, entsprechend den Kalktuffen von Weimar. — 2. Die Mindel-Riß-interglaziale Höttinger Breccie mit 10 % ausgestorbenen Arten, entsprechend dem Cheléen. — 3. Die präglazialen Schieferkohlen von Leffe mit 50 % ausgestorbenen Arten und *Elephas meridionalis*, entsprechend dem Horizonte von St. Prest. Die Fundstelle von Mauer gehört mutmaßlich in die Günz-Mindel-Interglazialzeit.

26. Februar. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Haberlandt las: *Zur Physiologie der Zellteilung; fünfte Mitteilung, über das Wesen des plasmolytischen Reizes bei Zellteilungen nach Plasmolyse*. Die mit den Haarzellen der Stengel von *Coleus Rehneltianus* und den Blattzähnen und Randzellen der Laubblätter von

Elodea densa angestellten Versuche haben ergeben, daß die eigenartigen Zellteilungen, die sich in diesen Zellen nach Plasmolyse in Traubenzuckerlösungen beobachten lassen, nicht auf den mechanischen Reiz zurückzuführen sind, der auf die Protoplasten durch die Plasmolyse ausgeübt wird, sondern daß der durch die Konzentrationszunahme der Zellsäfte bewirkte chemische Reiz es ist, der die Zellteilungen auslöst.

4. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Liebisch sprach über *Kristallisationsvorgänge in ternären Systemen aus Chloriden von einwertigen und zweiwertigen Metallen*, zweite Mitteilung, nach experimentellen Untersuchungen des Hrn. Dr. E. Vortisch. (Ersch. später.) Auf die lückenlose Reihe der Mischkristalle von Strontiumchlorid und Bariumchlorid muß die Hinzufügung von Natriumchlorid oder Kaliumchlorid einen in charakteristischer Weise verschiedenen Einfluß ausüben. Denn Natriumchlorid ist mit den Chloriden der beiden zweiwertigen Metalle nicht mischbar und kann mit ihnen nicht zu Verbindungen zusammentreten. Dagegen vereinigt sich Kaliumchlorid mit ihnen zu Doppelsalzen. Es wurden durch thermometrische Analyse von Kristallisationsvorgängen in den Konzentrations-Temperatur-Prismen der beiden ternären Systeme die Sättigungsfächen der kristallisierten Phasen ermittelt, der Kristallisationsverlauf festgelegt und die Ergebnisse durch mikroskopische Analyse der Strukturen geprüft.

18. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Hellmann las über *Isothermen von Deutschland*. Es wird zum erstenmal auf Grund ausreichenden Beobachtungsmaterials (330 Stationen mit gleichzeitigen dreißigjährigen Mitteln) der Versuch gemacht, die Temperaturverteilung in Deutschland im Meeresspiegel darzustellen. Dabei zeigt sich, daß der Verlauf der Isothermen weit verwickelter ist, als die vorhandenen Karten kleineren Maßstabes erkennen lassen. Überall ist der Verlauf abhängig von Lage und Konfiguration des Geländes, dessen Eigentümlichkeiten sich durch die Reduktion auf den Meeresspiegel naturgemäß mit übertragen. Dadurch treten aber Gesetzmäßigkeiten zutage, die bei der Darstellung der wirklichen Temperaturmittel ohne Reduktion auf den Meeresspiegel leicht übersehen werden. So zeigt z. B. die Januar Karte einige kleine Wärmeinseln, die dem Föhn in den deutschen Mittelgebirgen sowie in den Bayerischen Alpen ihren Ursprung verdanken. Bei der Karte der Juliisothermen fällt der Zusammenhang zwischen den zu warmen und zu trockenen Gebieten unmittelbar in die Augen.

25. März. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

1. Hr. Beckmann sprach über *Fortschritte in der Strohaufschließung*. (Ersch. später.) Der Vortragende erörtert die neuere Entwicklung der Strohaufschließung und zeigt, daß dieselbe in vereinfachter Form auch für den Frieden Bedeutung behält. Als ergänzender eiweißartiger Zusatz wird der Lupinensamen empfohlen, für den ein verbessertes Entbitterungsverfahren ausgearbeitet ist.

2. Hr. Schuchhardt legte im Anschluß an Hrn. Schäfers Vortrag vom 11. März eine Zusammenstellung von *Beobachtungen über das erste Auftreten der Leichenverbrennung in Mitteleuropa* vor. (Ersch. später.) Sie machen wahrscheinlich, daß das Aufkommen der Verbrennung mit den ersten großen Völkerverschiebungen gegen Ende der Steinzeit zusammenhängt.

8. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Einstein sprach über *Schallschwingungen in teilweise dissoziierten Gasen*. Es wird die Theorie der

Schallausbreitung in einem teilweise dissoziierten zweiatomigen Gase untersucht. Schallgeschwindigkeit und -dämpfung hängen von den Konstanten der Reaktionsgeschwindigkeit ab, derart, daß durch Schallbeobachtungen letztere bestimmt werden könnten.

15. April. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Rubens legte eine Untersuchung der HH. Prof. Dr. E. M. von Hornbostel und Dr. M. Wertheimer, *Über die Wahrnehmung der Schallrichtung*, vor. Der Seitenwinkel, in dem ein Schall gehört wird, hängt nicht, wie bisher meist angenommen wurde, von der Intensitätsdifferenz ab, sondern von dem Zeitunterschied der Erregungen des einen und anderen Ohres durch gleiche Reize. Bei Tönen bestimmt der absolute Zeitunterschied zwischen Momenten gleicher Phase die Lokalisation, nicht ein von der Frequenz unabhängiger Betrag der Phasendifferenz. Die der Richtungswahrnehmung zugrunde liegenden physiologischen Vorgänge sind im Zentralorgan zu suchen.

Hr. Haber legte eine Mitteilung der HH. Prof. Dr. H. Freundlich und Prof. Dr. P. Rona vor: *Über die Beziehungen zwischen dem elektrokinetischen Potentialsprung und der elektrischen Phasengrenzkraft*. Die thermodynamische Potentialdifferenz (nach Nernst) und die elektrokinetische (nach Helmholtz) werden an dem System Glas — Wasser mit dem Ergebnis untersucht, daß die erstere den Gesamtwert darstellt, der zwischen dem Innern der ersten und dem der zweiten Phase besteht, während die letztere den Teil ausmacht, der in die verschiebbaren Flüssigkeitsschichten fällt.

22. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Warburg legte eine Arbeit von Hrn. Prof. Dr. Max Jacob in Charlottenburg vor: *Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit des Wassers im Bereich von 7° bis 72°*. (Ersch. später.) Eine Wasserlamelle befindet sich zwischen horizontalen Kupferplatten, die obere Platte wird elektrisch geheizt, die untere gekühlt und die Temperaturdifferenz Θ der Kupferplatten im stationären Zustand beobachtet. Bedeutet W die elektrische Leistung in g-Kal. pro sec., V den Teil von W , welcher nicht durch die Lamelle fließt, F und d bzw. Querschnitt und Dicke der Lamelle, so ist das Wärmeleitungsvermögen des Wassers $(W-V)/d\Theta.F$. V wird durch ein Vakuummantelgefäß klein gehalten und auf feststehenden theoretischen Grundlagen berechnet. Es ergab sich zwischen 7° und 72° C, wenn t die Temperatur in Zentigraden vorstellt,

$$\lambda = 0,001325 (1 + 0,002928 \cdot t).$$

6. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

1. Hr. Heider sprach über *die Stellung der Gordiiden im System*. (Ersch. später.) Er macht auf Übereinstimmungen des Baues mit Nematoden aufmerksam. Vor allem scheinen die Gordiiden der Familie der Trichotracheliden nahestehen. Es scheinen auch fernere Beziehungen zu den Mermithiden vorzuliegen.

2. Hr. Correns legte eine Arbeit vor von Dr. phil. et med. Fritz Levy (Berlin-Dahlem) über *Die Kernverhältnisse bei parthenogenetischen Fröschen*. Ein Beitrag zur Physiologie und Pathologie der Zelle. Haplonten und Diplonten kommen nur sehr selten vor. Die Mehrzahl der Tiere hat Zellen und Kerne mit bunt zusammengewürfelten Chromosomenbeständen. Die Chromosomenzahlen und Zellgrößen in verschiedenen entsprechenden Körperregionen sind verschieden und führen so zu mannigfachen Mißbildungen. Zum erstenmal wird unizellulärer Ursprung von Gewebe-, Organ- und allgemeinen Heteromorphien mit Sicherheit nachgewiesen und auf die entstandenen Kernverhältnisse zurückgeführt.

3. Der Vorsitzende legte eine Abhandlung des korrespondierenden Mitglieds der physikalisch-mathema-

tischen Klasse Hr. W. Roux in Halle a. S. vor: *Über die prinzipielle Scheidung von Naturgesetz und Regel, von Wirken und Vorkommen.* (Ersch. später.) Jedes Naturgeschehen wird ursächlich in Vorkommen seiner Faktoren in Ort und Zeit und in das Wirken derselben zerlegt. Das Wirken gegebener Faktoren ist ausnahmslos beständig, gleichförmig, sogenannt gesetzmäßig. Da das Vorkommen durch Wirken entsteht, ist es, kausal betrachtet, gleichfalls absolut gesetzmäßig. Aber in seinem Ergebnis, also rein deskriptiv betrachtet, zeigt es sich in Ort und Zeit ungleichmäßig: regelmäßig oder unregelmäßig verteilt. Diese Scheidung des reinen Wirkens vom örtlich-zeitlichen Ergebnis desselben gestattet eine strenge Scheidung der Begriffe Naturgesetz und Naturregel. Gesetz ist der kausale, Regel der nur ein deskriptiver Begriff. In diesem Sinne können wir künftig scharf gesondert von Gesetzen des Wirkens und von Regeln und Regellosigkeiten des örtlich-zeitlichen Vorkommens reden. Von den „wahren“ und den erst noch unzutreffend ermittelten, „also unwahren“ „Regeln des Vorkommens“ sind zu scheiden die teils gleichfalls auf ungenauer Beobachtung des Geschehens, teils auf Verwechselung von Wirken und Vorkommen beruhenden angeblichen „Regeln des Wirkens“; diese stellen immer einen Irrtum dar. Die Anwendung dieser Scheidung von Wirken und Vorkommen wirkt auch klärend auf den Begriff des Zufalls, auf die Vorhersage, auf die Beurteilung der Möglichkeit sowie auch auf die Beurteilung des scheinbar „ausnahmslosen“ Vorkommens des Typischen im Reiche der Lebewesen und gestattet die Elimination eines verbreiteten biologischen Denkfehlers, der in Verwechselung von ermitteltem Vorkommen mit ermitteltem Wirken besteht.

20. Mai. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Roethe.

Hr. Hellmann legte eine Abhandlung vor: *Beiträge zur Erfindungsgeschichte meteorologischer Instrumente.* (Abh.) Das Thermometer ist fast gleichzeitig und unabhängig voneinander in Italien von Galilei und in Holland von Drebbel erfunden worden, beidemal in Anlehnung an einen von Heron von Alexandria überlieferten Versuch des Altertums. Santorio hat es als Meßwerkzeug in die Wissenschaft eingeführt. — Das für die Lehre vom Barometer entscheidende Experiment auf dem Puy de Dôme ist zwar von Pascal veranlaßt worden, der, beeinflusst durch die Ideen Torricellis, den Glauben an den horror vacui kurz zuvor aufgegeben hatte, aber die erste Anregung zu einem solchen Versuch rührt von Descartes her. — In Ländern mit streng periodischem Regenfall ist die Abhängigkeit der Ernteertragsigkeit vom Regenfall so augenfällig, daß sie schon frühzeitig die Vornahme von Regenmessungen veranlaßt hat. Die ersten derartigen Messungen wurden unabhängig voneinander in Indien im 5. Jahrhundert v. Chr., in Palästina zu Anfang unserer Zeitrechnung und in Korea im 15. Jahrhundert gemacht. In Europa gab erst in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts die Frage nach der Wasserführung der Flüsse und Seen die Veranlassung zur Regenmessung. — Einer achtheiligen Windrose begegneten wir zuerst in Babylonien im 7. Jahrhundert v. Chr.

10. Juni. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Roethe.

Hr. G. Müller las über *Helligkeitsmessungen des Planeten Venus.* Die Sichtbarkeit der Venus für das bloße Auge bei vollem Sonnenschein, die in früheren Zeiten häufig Aufsehen erregt hat, ist kein besonders seltenes Ereignis; man kann unter günstigen Luftverhältnissen den Planeten in einem großen Teil seiner Bahn ohne Schwierigkeit bei hellem Tage sehen. Photometrische Messungen in Potsdam haben eine Neubestimmung der nur von der Phase abhängigen Lichtkurve der Venus für das ganze Phasenintervall zwischen 2,7° und 168,2° geliefert. Für die Albedo der Venus ergibt sich aus den neuen photometrischen Mes-

sungen ein sehr genauer Wert, der nahe mit der an irdischen Wolken beobachteten Albedo übereinstimmt. Es wird dadurch das schon aus früheren Messungen abgeleitete Resultat bestätigt, daß der Planet Venus von einer dichten Wolkenhülle bedeckt ist, welche nur einen Teil des auffallenden Sonnenlichtes bis zu der eigentlichen Oberfläche gelangen läßt.

17. Juni. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

1. Hr. Fick sprach über die *Fleischfaserlänge beim Hund.* Die Fleischbündellänge entspricht bei der überwiegenden Mehrzahl der Muskeln auch beim Hund dem von E. Weber und A. Fick aufgestellten Gesetz, sie ist im gedehnten Zustand etwa doppelt so lang, als ihre regelmäßige Verkürzung beträgt. Ausführliche Mitteilung erscheint später.

2. Hr. Liebisch legte eine Abhandlung des Hr. Prof. Dr. O. H. Erdmannsdörffer in Hannover über *metamorphe Gesteine in Mazedonien* vor. (Ersch. später.) Geologische Untersuchungen im östlichen Mazedonien gestatteten neue Beobachtungen über die Beziehungen zwischen Kontaktmetamorphose und Regionalmetamorphose anzustellen.

24. Juni. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Roethe.

1. Hr. De Groot las über die *allerältesten geographischen Namen Zentralasiens, die in chinesischen Schriften erwähnt werden und noch immer existieren.* Ichōō.LAKlienwō stavēniatō rdgovēniatniat nia aint Das Kun-lun Gebirge, das Volk der Sik-ki (Skythen) oder Sak-ke (Saca) und das Reich Ku-so (Turfan) werden schon im heiligen Buche Jü-kung (23. Jahrhundert v. Chr.) erwähnt im Zusammenhang mit der großen Handelsstraße, welche Persien über Turkistan mit Kan-su verband und auf der „gewebte Pelze“, d. h. Wollentuch, nach China gelangten. Auch das Flußgebiet des Dzok und des Hik, die Heimat der Goat-si oder Gorsi, welche im 2. Jahrhundert v. Chr. von den Hunnen vertrieben wurden und Tochara eroberten, wird schon im Jü-kung erwähnt. Daß die Goat-si in Tochara die jetzige Stadt Ischkamisch zum Regierungssitz hatten, läßt sich in chinesischen Geschichtsquellen des 2. Jahrhunderts v. Chr. nachweisen. Auch der Talas wird ebenda erwähnt als der Fluß, wo der Tan-hu des westlichen Hunnenreichs sich eine Hauptstadt baute, von wo er im Verein mit Sogdiana, Fargana und Aorsoi, Angriffe auf Persien, Tochara und Alexandria plante. Auch das Reich Bor, dem der See Bor-kul seinen Namen verdankt, wird in Schriften des 2. Jahrhunderts v. Chr. erwähnt.

2. Hr. Nernst legte eine Arbeit des Hr. Dr. P. Günther vor: *Innere Reibung des Wasserstoffs bei sehr tiefen Temperaturen.* (Ersch. später.) Die Messungen ergaben den von der Entartungstheorie der Gase vorausgesagten abnorm hohen Temperaturkoeffizienten der inneren Reibung.

15. Juli. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Roethe.

1. Hr. Kükenthal sprach über *einen Versuch eines natürlichen Systems der Oktokorallen.* Der Vortragende wies auf die Methode hin, welche man zur Aufstellung eines natürlichen Systems anzuwenden hat. Zunächst müssen alle regulatorischen Anpassungsmerkmale als zur Feststellung von Verwandtschaftsbeziehungen ungeeignet ausgeschieden werden, ebenso die konstanten und vererblichen Anpassungsmerkmale, die man besonders an den Konvergenzerscheinungen erkennt. Nur die übrigbleibenden organisatorischen Merkmale sind für die Aufstellung eines natürlichen Systems verwendbar. Diese wurden vom Vortragenden eingehender dargelegt. Eine restlose Deckung von Phylogenie und Klassifikation ist aber nicht möglich, schon wegen der verschiedenen Ziele, die beide verfolgen, vielmehr handelt es sich bei jedem natürlichen System darum, verwandtschaftliche Beziehungen in

den Vordergrund zu stellen, ohne dabei den praktischen Zweck eines jeden Systems außer acht zu lassen.

2. Hr. Fick sprach sich im Anschluß an den in den Sitzungsberichten (Mai) erschienenen Aufsatz von W. Roux, *Über Naturgesetz und Regel*, gegen die Festlegung der dort vorgeschlagenen Begriffsbestimmungen aus.

3. Hr. Struve legte eine Abhandlung von Prof. Dr. H. Rosenberg in Tübingen „*Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkerröhre*“ vor. Bisher wurde bei der lichtelektrischen Sternphotometrie der durch die Belichtung der Photozelle erzeugte Photoeffekt mittels des Elektrometers gemessen, da die vorhandenen hochempfindlichen Galvanometer die in Betracht kommenden Photoströme von der Ordnung 10–14 Ampère nicht mehr zu messen gestatten. Die Anwendung des Elektrometers erfordert durchgreifenden Schutz gegen elektrische Störungen und Kapazitätsänderungen, der an einem beweglichen parallaktischen Refraktor zu besonderen Vorkehrungen zwingt. Statt dessen schlägt der Verfasser vor, den Photostrom durch eine Verstärkerröhre zu „verstärken“, um auf diese Weise die Anwendung des Galvanometers zu ermöglichen. Der Hauptinhalt der Arbeit besteht in der Darlegung der systematisch vorgenommenen Aufsuchung der Bedingungen, unter welchen eine größtmögliche, praktisch noch brauchbare Verstärkung erzielt werden kann. Es wurde die Schaltung von Pike (Phys. Rev. 13, 102, 1919) benutzt, jedoch der „verstärkte Photostrom“, d. i. der Strom im Anodenkreis der Verstärkerröhre, nicht direkt, sondern mittels einer vom Verfasser bereits in der Vierteljahrsschrift der Astr. Ges. 48, 3, 1913 beschriebenen Kompensationsmethode gemessen. Indem sukzessive die günstigsten Werte der Anodenspannung, des Heizstroms und der Spannungsdifferenz des Heizdrahtes der Verstärkerröhre gegen Erde, von der die Potentialdifferenz zwischen Gitter und Heizdraht abhängt, aufgesucht wurden, konnten Verstärkungen bis über 600 000 erreicht werden. Für die benutzte Niederfrequenzröhre von Seddig ist der günstigste Wert der Anodenspannung 50–60 Volt, des Heizstromes 0.425 Ampère. Mit der Zunahme des Potentials des Heizdrahtes (Mitte) wächst die Verstärkung mit schnell zunehmender Geschwindigkeit gegen Unendlich. Bis zu Verstärkungen von etwa 100 000 wurde Proportionalität zwischen Lichtstärke und verstärktem Photostrom innerhalb 2 Prozent gefunden; bei höheren Verstärkungen war die Abweichung größer. Die photometrische Genauigkeit der Verstärkermethode fand der Verfasser durch Messungen im Laboratorium gleich mindestens der der elektrometrischen Auflademethode. Bezüglich der Reichweite glaubt er in stände zu sein, die lichtelektrischen Messungen noch auf erheblich schwächere Sterne auszudehnen, als dies bei der direkten Methode mit Hilfe des Elektrometers möglich ist.

Der Abdruck der wissenschaftlichen Mitteilungen muß bis auf weiteres wegen der ungeheuren Steigerung der Druckkosten unterbleiben.

22. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Rubner.

Hr. Planck sprach über die *Ableitung des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum*. Ausgehend von dem Kirchhoffschen Satze, daß eine nach außen abgeschlossene Strahlung immer dann die normale Energieverteilung besitzt, wenn sie sich mit irgendeinem materiellen Körper von gleichmäßiger Temperatur in stationärem Energieaustausch befindet, gelangt man bei gewissen Annahmen über die Bedingungen des thermodynamischen und des elektrodynamischen Gleichgewichts zu einem bestimmten Ausdruck des Energieverteilungsgesetzes, wie zunächst für die klassische Theorie, sodann für die beiden Formen der Quantentheorie erläutert wird.

21. Oktober. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

1. Hr. Rubens las über die *Energieverteilung der langwelligen Strahlung des Auerbrenners und der Quecksilberlampe sowie über das Rotationsspektrum des Wasserdampfs*. (Ersch. später.) Durch Anwendung eines sehr lichtstarken Spektralapparats ist es gelungen, die mit der Quarzlinse methode isoliert langwellige Strahlung des Auerbrenners und der Quecksilberlampe durch ein Beugungsgitter zu zerlegen und die früheren interferometrischen Messungen zu bestätigen. In den Energiekurven traten zahlreiche Minima hervor, die sich auf die Absorption des Wasserdampfs der Zimmerluft zurückführen lassen und welche zum Teil bei den früheren Reststrahlversuchen bereits bemerkt worden sind. Die beobachtete Wellenlänge dieser Absorptionsmaxima sind 22,9, 23,8, 25,0, 26,6, 29,0, 30,5, 32,9, 35,7, 40,0, 44,1, 49,0, 57,9, 65,8, 72,2, 78,0, 83, 92, 105,8 und 132,2 μ . Sie stimmen angenähert, aber nicht innerhalb der Fehlergrenzen mit der nach der Bjerrumschen Theorie aus der Feinstruktur der kurzwelligen ultraroten Bande berechneten Lage überein.

2. Hr. Warburg legte eine Mitteilung der HH. Dr. C. Müller und Prof. Dr. O. Warburg in Berlin vor: *Über den Energieumsatz bei der Kohlensäureassimilation in grünen Zellen*. (Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.) (Ersch. später.) Als Lichtquelle diente prismatisch zerlegtes Bogenlicht, dessen Intensität durch besondere Maßnahmen bis auf einige Prozente konstant gehalten wurde, als Versuchsobjekt eine Grünalge (*Chlorella vulgaris*), suspendiert in einer wäßrigen Natriumkarbonatbikarbonatlösung. Es wurde unter Bedingungen gearbeitet, unter welchen die photochemische Wirkung der absorbierten Strahlung nahezu proportional war. Hierunter ist mit Φ die Zahl der durch eine absorbierte Grammkalorie zersetzten Mole an Kohlensäure bezeichnet, als Nutzeffekt gilt das Verhältnis der gewonnenen chemischen Arbeit zur absorbierten Strahlungsenergie.

Farbe....	blau	grün	gelb	rot
Wellenlänge (μ)	440–490	485–540	535–600	590–690
$\Phi \cdot 10^5$	0,051	0,069	0,123	0,052
Nutzeffekt (Proz.)...	5,9	7,9	14,1	6,0

Die mitgeteilten Werte, welche wir noch nicht als endgültige betrachten, werden sich wahrscheinlich später als etwas zu klein erweisen.

4. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Müller-Breslau sprach über die *Berücksichtigung der Kabelvorspannungen bei der statischen Berechnung der Flugzeuge*. Es wird die Wirkung der Vorspannungen der Haupt- und Gegentragkabel und der Tiefenkreuzkabel eines stark gestaffelten dreistieligen Doppeldeckers untersucht.

18. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Hr. Nernst las über die *Anwendung des neuen Wärmesatzes auf verdünnte Lösungen*. (Ersch. später.) Indem den Betrachtungen ein einfaches mechanisches Modell eines festen Körpers zugrunde gelegt wird, dessen Energieinhalt bekannt ist, gelingt es, einfache Formeln aufzustellen, die bei hohen Temperaturen mit den Gleichungen der verdünnten Lösungen (ergänzt durch einige Korrektionsglieder) identisch werden, bei tiefen Temperaturen aber zu völlig anderen Resultaten führen.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 2. (Seite 25—40)

14. Januar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Zur Analysis der Absterbeordnung. Von *Karl Küpfmüller, Berlin*. (Mit 4 Abbildungen.) S. 25.
Der Hungertod. Von *A. Pütter, Bonn*. S. 31.

Besprechungen:

Neumayr, M., und Fr. Ed. Sueß, Erdgeschichte. 3. Auflage. Von *F. Rinne, Leipzig*. S. 35.
Wilckens, O., Allgemeine Gebirgskunde. Von *A. Tornquist, Graz*. S. 36.
Ruska, Julius, Methodik des mineralogisch-geologischen Unterrichts. Von *J. Wilser, Freiburg*. S. 36.

Goldscheider, A., Das Schmerzproblem. Von *Löwenstein, Bonn*. S. 37.

Hofmann, Franz Bruno, Die Lehre vom Raumsinn des Auges. Erster Teil. Von *Leon Asher, Bern*. S. 37.

Hering, Ewald, Grundzüge zur Lehre vom Lichtsinn. Vierte Schlußlieferung. Von *Leon Asher, Bern*. S. 38.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:
Die deutschen Seehäfen und ihr Hinterland. Russisch-Turkestan und Buchara. S. 38.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Einführung in die Vererbungs-Wissenschaft

In 20 Vorlesungen für Studierende, Ärzte, Züchter

von Prof. Dr. **Richard Goldschmidt**

Mitgl. des Kaiser-Wilhelm-Instituts f. Biologie Berlin-Dahlem

Dritte neubearbeitete Auflage

Mit 178 Abbildungen. XII und 519 Seiten. Gr. 8

Geheftet M. 44.—; in Ganzleinen gebunden M. 56.—

Aus den Besprechungen:

... Dieses Buch ist die erste das Gebiet wirklich umspannende Gesamtdarstellung der experimentellen Vererbungslehre, die auch demjenigen Fachbiologen, dem die Vererbungsfragen bisher ferner gelegen haben, einen zuverlässigen Führer bietet, der ihn bei aller Selbständigkeit des Urteils in keiner Weise bevormundet, und die selbst demjenigen, der sich seit Jahren eingehend mit diesen Fragen beschäftigt hat, Neues und Anregendes zu sagen hat.

Richard Semon (Biologisches Centralblatt).

Das menschliche Gehirn

nach seinem Aufbau und seinen wesentlichen Leistungen

Gemeinverständlich dargestellt von

Dr. phil. et med. **R. A. Pfeifer**

Dritte, erweiterte Auflage

Mit 95 Abbildungen im Text. VIII u. 123 Seiten. Lex.-8

Kartonierte M. 12.—

Aus den Besprechungen:

Diese monographische Darstellung des Gehirns ist eine ganz vorzügliche Leistung. *Pädagog. Jahresbericht.*

Vorlesungen über Histologie u. Histogenese

nebst Bemerkungen über Histotechnik und das Mikroskop

von Dr. univ. med. **Josef Schaffer**

o. ö. Professor der Histologie an der Universität in Wien

Mit 589 zum Teil farbigen Abbildungen im Text und auf 12 lithographierten Tafeln. VIII u. 528 Seiten. Gr. 8

Geheftet M. 28.—; in Ganzleinen gebunden M. 34.—

Aus den Besprechungen:

... Das Werk erscheint als reifes Erzeugnis eines die Materie vollständig beherrschenden Gelehrten. *Schweizerische Rundschau für Medizn.*

Gehirn u. Rückenmark

Leitfaden für das Studium der Morphologie und des Faserverlaufs

von Dr. med. **Emil Villiger**

Professor e. o. an der Universität Basel

Fünfte bis siebente Auflage. Mit 262 zum

Teil farbigen Abbildungen im Text. VII und 328 Seiten.

Lex.-8

I. Teil: Morphologie. II. Teil: Faserverlauf. III. Teil: Faserverlauf durch den Hirnstamm, nach Schnittserienpräparaten

In Ganzleinen gebunden M. 26.—

Aus den Besprechungen:

... Der Text der beiden ersten Teile ist kurz und übersichtlich, wie es für einen Leitfaden erwünscht ist, vielfache physiologische und pathologische, auch historische Hinweise wirken anregend auf das Studium, die Figuren sind schön und zahlreich. Der Preis ist im Verhältnis zur geleisteten Arbeit des Autors und Verlegers sehr niedrig. So kann man das Buch als einen ausgezeichneten Leitfaden zum Studium von Hirn und Rückenmark nur aufs wärmste empfehlen. *Berliner klinische Wochenschrift.*

Auf vorstehende Preise z. Zt. 50% Verleger-Teuerungszuschlag

(229)

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wollen man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Arztwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G. m. b. H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Theodor Fisher Verlag in Freiburg i. Br. 79, Kirchstr. 33

Leuckart-Chust:
Zoologische
Wandtafeln

Schroeder-Harpf:
Chemisch-Technolog.
Wandtafeln

Keller-Andrae:
Tiere der Vorwelt
Wandtafeln

Ulbrich:
Botanische
Wandtafeln

Prospekte auf Verlangen porto- und kostenfrei

(228)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Konstitutionelle Disposition zu inneren Krankheiten.

Von Dr. Julius Bauer, Privatdozent für innere Medizin an der Wiener Universität. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 63 Textabbildungen. 1921.

Preis M. 88.—; gebunden M. 104.— (ohne Zuschlag)

Lehrbuch der Differentialdiagnose innerer Krankheiten.

Von Professor Dr. M. Matthes, Geheimem Medizinalrat, Direktor der Medizinischen Universitäts-Klinik in Königsberg i. Pr. Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 106 Textabbildungen. 1921.

Preis M. 68.—; gebunden M. 76.— (ohne Zuschlag)

Methodik der Blutuntersuchung

mit einem Anhang: Zytodiagnostische Technik. Von Dr. A. v. Domarus, Direktor der inneren Abteilung des Auguste Victoria-Krankenhauses, Berlin-Weißensee. Mit 196 Textabbildungen und 1 Tafel. (Aus „Enzyklopädie der klinischen Medizin“, Allgemeiner Teil.) 1921.

Preis M. 58.— (ohne Zuschlag)

Die Syphilis des Zentralnervensystems, ihre Ursachen und Behandlung.

Von Professor Dr. Wilhelm Gennerich, Kiel. Mit 4 Textfiguren. 1921. Preis M. 56.— (ohne Zuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

14. Januar 1921.

Heft 2.

Zur Analysis der Absterbeordnung.

Von Karl Küpfmüller, Berlin.

Die wissenschaftlichen Bestrebungen, Näheres über die Gesetzmäßigkeiten zu erfahren, nach denen die Reihen der Lebenden durch den Tod gelichtet werden, sind verhältnismäßig alt. Ihre Anfänge fallen zusammen mit denen der Statistik überhaupt. Im Jahre 1693 erschien die erste Sterbetafel, die von dem Astronomen E. Halley herrührte. Sie war naturgemäß noch mangelhaft. Die immer mehr vervollkommenen statistischen Hilfsmittel ermöglichten es jedoch im Laufe der Zeit, derartige Tafeln so herzustellen, daß sie den durch die sich mehrenden Aufgaben der politischen Arithmetik, im besonderen der Lebensversicherung, an sie gestellten Forderungen gerecht werden konnten. Gewisse Probleme der Versicherungsmathematik gaben auch Anlaß, die durch die Sterbetafeln ausgedrückte Gesetzmäßigkeit analytisch zu formulieren. Die Lösung dieser Aufgabe bietet keine großen Schwierigkeiten. Es lassen sich an Hand einer Sterbetafel mit beliebiger Annäherung Funktionen konstruieren, welche etwa die Zahl y der Überlebenden einer bestimmten Anzahl A gleichzeitig Geborener in Beziehung setzen zu ihrem Alter t . Eine derartige Funktion ist z. B. die bekannte Mosersche Formel

$$y = A \left(1 - 0,2 \sqrt[4]{t} - \frac{0,7125}{10^5} \sqrt[4]{t^9} - \frac{0,1570}{10^8} \sqrt[4]{t^{17}} \right).$$

Da jedoch solche Formeln vor der Tabelle nur noch den Vorteil der Kontinuität voraus haben, wird ihnen keine weitere Bedeutung beigemessen. Hingegen liegt die Frage nahe, ob es nicht gelingen möchte, die betreffenden Gesetze aus physikalischen und physiologischen Erwägungen heraus zu entwickeln. Eine auf diese Weise gewonnene Beziehung würde zunächst jene empirischen Formeln ersetzen, weiterhin würde sie aber, was noch wichtiger ist, Einblick geben können in die Rollen der einzelnen beim Absterbeprozess ein spielenden Faktoren. Daß hier jedoch derzeitig unüberwindbare Schwierigkeiten im Wege liegen, ist offenbar. Sie beruhen auf der großen Fülle und Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und Umstände, die auf die Gestaltung des Lebensablaufes von Einfluß sind, von denen wir überdies wissen, daß sie nur zum Teil unserer Kenntnis unterliegen. Einen interessanten Schritt, diese Schwierigkeiten zu umgehen, hat in neuester Zeit A. Pütter¹⁾ unternommen.

Unter der Voraussetzung, daß die Zahl der Überlebenden y ebenso abnimmt wie eine Bakterienmenge, die unter der Wirkung eines zerstörenden Mittels steht, nämlich so, daß die Verminderung um so größer ist, je größer die Anzahl der Bakterien, ergibt sich das Gesetz der logarithmischen Abnahme, das sich durch die mathematische Beziehung

$$y = A e^{-\beta t} \quad (1)$$

darstellen läßt. Die Zahl β hängt von der Stärke des zerstörenden Einflusses ab und von einer Größe, die man als die Widerstandsfähigkeit der betreffenden Lebewesen bezeichnen kann. Bei den Bakterien ist diese Größe während des in Betracht kommenden Zeitraumes genügend genau konstant, so daß die Beobachtungsergebnisse mit der Beziehung (1) in Übereinstimmung stehen. Während der verhältnismäßig langen Zeit jedoch, über die sich im allgemeinen das menschliche Leben erstreckt, kann hier die Widerstandsfähigkeit gegen die schädigenden Einflüsse nicht mehr als konstant angesehen werden. Sie nimmt vielmehr dauernd ab, eine Erscheinung, die man als das Altern bezeichnet. Pütter findet, daß man eine gute Darstellung der wirklichen Verhältnisse bekommt, wenn man setzt

$$\beta = \beta_1 e^{\beta_2 t} \quad (2)$$

so daß also aus Gl. (1) wird

$$y = A e^{-\beta_1 t e^{\beta_2 t}} \quad (3)$$

Der Ansatz (2) besagt jedoch keineswegs, daß diejenige Größe, die man mit dem Begriffe Widerstandsfähigkeit der Lebewesen verknüpft, nach einem Exponentialgesetz abnimmt, etwa in der Weise, daß sie proportional $e^{-\beta_2 t}$ ist; wie sich später zeigen wird, ist die Abhängigkeit dieser Größe von der Zeit, wenn der Ansatz (2) zugrunde gelegt wird, vielmehr eine etwas weniger einfache. Gerade dieser Umstand jedoch verleiht der Pütterschen Formel den Eindruck einer gewissen Willkür, die allerdings dadurch gemildert wird, daß die Beziehung (3), die großen Zeiten ausgenommen, in verhältnismäßig guter Übereinstimmung mit den Beobachtungswerten steht. Man könnte daraus schließen, daß dann eben aus irgendwelchen Gründen die Widerstandsfähigkeit in der Tat nach jenem erwähnten verwickelteren Gesetze abnehme. Daß dieser Schluß nicht notwendig ist, wird aus den folgenden Betrachtungen hervorgehen, die im übrigen einen Versuch bedeuten sollen, die Frage der Physiologie der Lebensdauer weiterhin zu klären.

Wir rechnen ebenfalls mit einer konstant bleibenden äußeren schädigenden Wirkung, die

¹⁾ Die Naturwissenschaften 1920, Heft 11, S. 201.

dadurch gekennzeichnet ist, daß sie zu allen Zeiten während eines hinreichend kleinen Zeitintervalles dt aus der Menge der Lebewesen eine der augenblicklichen Gesamtzahl proportionale Anzahl abtötet. Zur Zeit t wird also während des Zeitelementes dt die Zahl y um

$$dx = \alpha y dt$$

vermindert. α ist ein Faktor, den man sich folgendermaßen zusammengesetzt denken kann. Zunächst setze man ihn proportional der Größe des äußeren, vernichtenden Einflusses, die wir mit P bezeichnen werden. Das ist weniger eine willkürliche Annahme bezüglich des Zusammenhanges zwischen α und P als vielmehr die Festlegung einer Maßkala für P , indem die Größe dieser „Kraft“ gemessen wird an ihrer abtötenden Wirkung. Auf ähnliche Weise müssen wir den Begriff der Widerstandsfähigkeit R definieren und sagen: Die Widerstandsfähigkeit einer bestimmten Gattung oder Rasse G_1 von Lebewesen soll dann als m -mal so groß als diejenige einer anderen Art G_2 angesprochen werden, wenn unter sonst gleichen Umständen ein und derselbe Einfluß P bei seiner Einwirkung auf G_2 während des Zeitelementes eine Verminderung um $\alpha \cdot y \cdot dt$, und bei seiner Einwirkung auf G_1 eine

Verminderung von $\alpha \cdot \frac{1}{m} y dt$ herbeiführt.

Diese Definitionen für P und R stehen gewiß mit dem Sprachgebrauch und der Vorstellung, die man mit deren Begriffen in physiologischem Sinne verbindet, am besten in Einklang. Es darf also nunmehr gesetzt werden:

$$dx = \frac{P}{R} y dt.$$

Will man die Anzahl der Lebewesen, x , ermitteln, die, von einem Anfangszeitpunkt $t=0$ aus gezählt, nach Ablauf der Zeit t ausgeschieden sind, so hat man dx zu integrieren von 0 bis t , also

$$x = \int_0^t dx = \int_0^t \frac{P}{R} y dt.$$

Hierbei darf nur die Größe P als konstant angesehen werden, R ist eine Funktion der Zeit; man kann daher auch schreiben:

$$x = P \int_0^t \frac{y}{R} dt \quad (4)$$

In unserer Bezeichnungsweise ist für jeden Zeitpunkt

$$x + y = A.$$

Setzt man hier den Ausdruck (4) für x ein, so erhält man:

$$P \int_0^t \frac{y}{R} dt + y = A.$$

Diese Beziehung ergibt im einzelnen für $t=0$

$$y = A, \quad (5)$$

und durch Differentiation:

$$\frac{P}{R} y + \frac{dy}{dt} = 0 \quad (6)$$

Die Gleichung (6) integriert man in bekannter Weise durch

$$y = C \cdot e^{-P \int \frac{dt}{R}} \quad (7)$$

Die Konstante C wird durch die Bedingung (5) geliefert.

An dieser Stelle ist es interessant, die von Pütter angegebene Formel (3) etwas näher zu betrachten. Der Vergleich ergibt, daß bis auf einen unbestimmbaren, jedoch zeitlich konstanten Faktor gesetzt ist:

$$\int \frac{dt}{R} = t e^{\beta_2 t}.$$

Man findet hieraus leicht für die Widerstandsfähigkeit:

$$R = \frac{e^{-\beta_2 t}}{1 + \beta_2 t},$$

jene Beziehung, die weiter oben gemeint war. Es entspräche der physikalischen Vorstellung weit mehr, wenn die Widerstandsfähigkeit ebenfalls ein einfaches Exponentialgesetz befolgen würde. Dieses nimmt ja in allen Formen der Naturerscheinungen, wo es sich um Abklingvorgänge handelt, eine herrschende Stellung ein.

Selbstverständlich rechtfertigt es diese Tatsache an sich noch lange nicht, zuschließen, daß nun die Widerstandsfähigkeit ebenso verlaufen müßte; sie kann aber doch dazu Anlaß geben, zunächst versuchsweise ein derartiges Gesetz anzunehmen. Zeigt dann ein damit zu gewinnendes Endergebnis gute Übereinstimmung mit der Erfahrung, so wird die Richtigkeit der Annahme um so wahrscheinlicher. Das Gesetz der logarithmischen Abnahme hätte zur Voraussetzung, daß die Widerstandsfähigkeit einer linearen Differentialgleichung erster Ordnung genüge, also etwa der Gleichung

$$a_1 R + a_2 \frac{dR}{dt} = -a_3 \quad (8)$$

wo a_1, a_2, a_3 Konstanten sind. In der Tat kommt man von hier ausgehend zu einer ebenfalls verhältnismäßig einfachen Beziehung für y , durch die mit noch größerer Genauigkeit als mit Gl. (3) die Absterbeordnung analytisch zur Darstellung gebracht wird.

Die Beziehung (8) läßt sich beispielsweise physikalisch folgendermaßen interpretieren: Die Größe $a_1 R$ ist einer elastischen Spannkraft ähnlich. Diese hat von sich aus das Bestreben, unmittelbar auf ihren Wert Null herabzusinken, daran wird sie jedoch gehindert durch Kräfte $a_2 \frac{dR}{dt}$, die um so größer sind, je rascher sich die Spannkraft ändert. Die Größe a_3 stellt außerdem noch eine dauernde, konstante Verminderung dar. Natürlich handelt es sich hier nur um eine Analogie, die jedoch einige Berechtigung vermuten

läßt. Wir wollen daher annehmen, die Widerstandsfähigkeit verlaufe tatsächlich nach einem durch Gl. (8) beschriebenen Gesetz. Diese läßt sich auch schreiben

$$\beta \cdot R + \frac{dR}{dt} = -K.$$

Hieraus ergibt sich

$$R = c e^{-\beta t} - \frac{K}{\beta} \dots \dots \dots (9)$$

Aus rein mathematischen Überlegungen¹⁾ folgt nun mit diesem Ansatz unsere Absterbeformel, nämlich

$$y = A_1 (1 - \lambda e^{-\beta t})^\gamma \dots \dots \dots (10)$$

Dabei ist zur Abkürzung gesetzt

$$A_1 = \frac{A}{(1 - \lambda)^\gamma} \dots \dots \dots (11)$$

$$\lambda = e^{-\beta t_m} \dots \dots \dots (12)$$

$$\gamma = \frac{P}{R_0} \dots \dots \dots (13)$$

und es bedeuten R_0 den Anfangswert von R zur Zeit $t=0$ und t_m diejenige Zeit, bei der $y=0$ wird. Dieses Nullwerden von y ist eine wesentliche Eigentümlichkeit der Gl. (10); es würde zum Ausdruck bringen, daß es für die betreffende Art von Lebewesen eine obere Altersgrenze gibt.

Durch die gewonnene Beziehung (10) läßt sich nun mit befriedigender Genauigkeit der Verlauf des Absterbens darstellen. In einem Beispiel wollen wir zunächst auseinandersetzen, inwieweit die Absterbeformel Aufschluß über die einzelnen, im Laufe der Rechnung eingeführten Konstanten zu geben vermag. In der Tafel 1 bedeuten y_0 die der Sterbetafel der deutschen Reichsbevölkerung für die Jahre 1871—1881 entnommenen Zahlen der Überlebenden von 100 zwanzigjähri-

gen Personen. y_1 gibt die nach der Formel (10) bestimmten Zahlen, die hier lautet:

$$y = 109,3 (1 - 0,00685 e^{0,0553 t})^{12,1}$$

y_2 sind die des Vergleiches halber nach der Pütterschen Formel

$$y = 100 e^{-0,005 t + 0,034 t^2}$$

errechneten Werte.

Tafel 1.

Alter T in Jahren	$t =$ $T - 20$	y_0	y_1	$\Delta_1 =$ $100 \frac{y_1 - y_0}{y_0}$	y_2	$\Delta_2 =$ $100 \frac{y_2 - y_0}{y_0}$
20	0	100	100	0	100	0
30	10	92	94,7	+ 3	93,5	+ 1,6
40	20	82,5	85,1	+ 3,2	80,5	— 2,4
50	30	69,6	69,6	0	66,2	— 5
60	40	52,6	50,2	— 4,55	46,1	— 12,3
70	50	29,9	27,2	— 9	25,7	— 14
80	60	8,5	8,5	0	10,0	+ 17,7
90	70	0,56	0,88	+ 57	2,29	+ 309
100	80	0,0034	0,0043	+ 26	0,24	+ 6970

Δ_1 und Δ_2 bedeuten die prozentualen Unterschiede zwischen den gerechneten und den beobachteten Werten y . Man bemerkt, daß die Δ_1 im Mittel, und für große t besonders, kleiner sind als die Δ_2 . Der Anschaulichkeit wegen ist der Verlauf der Größen y_0 , y_1 und y_2 in Fig. 1 zeichnerisch dargestellt.

Es ist also hier $A = 100$, $A_1 = 109,3$, $\lambda = 0,00685$, $\gamma = 12,1$, $\beta = 0,0553$ und nach Gl. (12) weiterhin auch

$$e^{-0,0553 t_m} = 0,00685$$

oder $t_m = 90$. Die oberste Altersgrenze wäre also $T = 110$ Jahre.

Die Bedingung (5) liefert

$$A = C e^k \left(R_0 + \frac{K}{\beta} \right)^{\frac{P}{K}} \left(1 - \frac{K}{\beta R_0 + K} \right)^{\frac{P}{K}},$$

also

$$y = A \left(\frac{1 - \frac{K}{\beta R_0 + K} e^{\beta t}}{1 - \frac{K}{\beta R_0 + K}} \right)^{\frac{P}{K}}.$$

Für einen gewissen Wert von t wird der Zähler des Bruches und damit y zu Null. Diesen Wert von t nennen wir t_m . Dann läßt sich die vorstehende Gleichung etwas anders schreiben. Zunächst ist für $t = t_m$:

$$0 = 1 - \frac{K}{\beta R_0 + K} e^{\beta t_m}$$

$$\frac{K}{\beta R_0 + K} = e^{-\beta t_m}$$

Zur Abkürzung werde weiterhin $\frac{P}{R_0} = \gamma$ gesetzt.

Dann wird

$$y = A \left(\frac{1 - e^{-\beta(t_m - t)}}{1 - e^{-\beta t_m}} \right)^\gamma.$$

Unter Einführung der für die zahlenmäßige Rechnung nützlichen Abkürzungen (11), (12), (13) ergibt sich schließlich hieraus die Gl. (10).

¹⁾ Diese Überlegungen sind die folgenden.

Das Exponentialgesetz (9) gilt sicherlich erst von einem gewissen Lebensalter ab. Jenseits dieses Alters können wir den Nullpunkt unserer Zeit t zunächst willkürlich wählen. Wir setzen für $t=0$ $R=R_0$. Damit bestimmt sich die Konstante c zu

$$c = R_0 + \frac{K}{\beta},$$

also

$$R = \left(R_0 + \frac{K}{\beta} \right) e^{-\beta t} - \frac{K}{\beta}$$

Dieser Ausdruck ist nun in Gl. (7) einzuführen. Das dort vorkommende Integral ist

$$\int \frac{dt}{R} = \int \frac{dt}{\left(R_0 + \frac{K}{\beta} \right) e^{-\beta t} - \frac{K}{\beta}}$$

$$= -\frac{1}{K} \ln \left(R_0 + \frac{K}{\beta} - \frac{K}{\beta} e^{\beta t} \right) + k.$$

k bezeichnet die unbestimmte Integrationskonstante. Nun wird

$$y = C e^{\frac{P}{K} \ln \left(R_0 + \frac{K}{\beta} - \frac{K}{\beta} e^{\beta t} \right)} \cdot e^{kt};$$

$$y = C e^k \left(R_0 + \frac{K}{\beta} - \frac{K}{\beta} e^{\beta t} \right)^{\frac{P}{K}};$$

$$y = C e^k \left(R_0 + \frac{K}{\beta} \right)^{\frac{P}{K}} \left(1 - \frac{K}{\beta R_0 + K} e^{\beta t} \right)^{\frac{P}{K}}.$$

Für die übrigen Konstanten haben wir nach (12) und (13):

$$\frac{K}{0,0553 R_0 + K} = 0,00685$$

und

$$\frac{P}{K} = 12,1.$$

Hieraus gewinnt man

$$\frac{P}{R_0} = 0,00462.$$

Das ist das Verhältnis des zerstörenden Einflusses zur anfänglichen Widerstandsfähigkeit. Es entspricht derjenigen Größe $[\beta_1 \text{ in Gl. (3)}]$, die Pütter als den Vernichtungsfaktor bezeichnet hat.

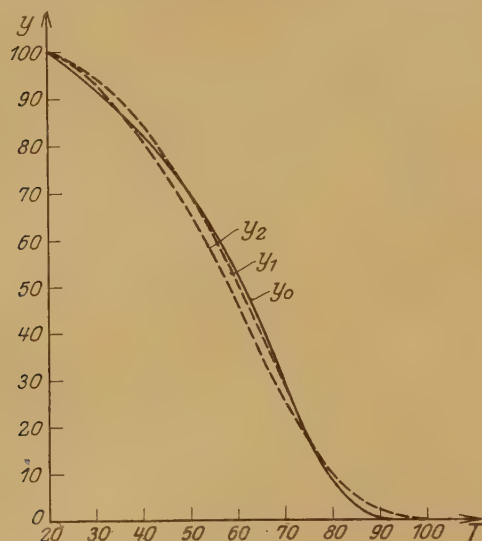


Fig. 1. Verlauf der Größen y_0 , y_1 und y_2 aus Tabelle 1.

Wie man sieht, erlaubt dieser Faktor nur dann bezüglich der schädigenden Wirkung P vergleichende Schlüsse zu ziehen, wenn man Näheres über die anfängliche Widerstandsfähigkeit R_0 unter den betreffenden Umständen weiß, wenn man etwa annehmen darf, daß sie in allen betrachteten Fällen die gleiche Größe hat. Ob das letztere zutreffen mag oder nicht, wird nicht immer leicht zu entscheiden sein. Aufschluß liefert unsere Rechnung eben nur über die Größe des „Vernichtungsfaktors“.

Was die Größe β anbelangt, so rechtfertigt es deren physikalische und physiologische Bedeutung, sie als kennzeichnend für die Schnelligkeit des Alterns nach dem Vorgange von Pütter mit Alternsexponent zu bezeichnen. Es bestimmen also hier drei Konstanten die Absterbeordnung: der Alternsexponent, der Vernichtungsfaktor und die obere Altersgrenze. Über diese „obere Altersgrenze“ ist indessen noch einiges zu sagen.

Man könnte in ihrer Einführung einen gewissen Vorteil erblicken, indem die Erfahrung tatsächlich eine obere Altersgrenze für jede Gattung von Lebewesen zu bestätigen scheint. Verliefe das Absterben so, wie es durch die Pütter'sche Formel beschrieben wird, so würden nach

beliebig langer Zeit von einer genügend großen Anzahl gleichzeitig Geborener immer noch Überlebende vorhanden sein. Der Widerspruch, den die Beobachtung hierzu bildet, dürfte jedoch nur ein scheinbarer sein. Wie ich im folgenden mit Hilfe der Beziehung (10) versuchen werde zu zeigen, ist eine Absterbeformel, die das Alter nach oben hin unbegrenzt läßt, mit der Erfahrung wohl vereinbar.

Zunächst ergibt eine nähere Betrachtung der Gl. (10) die bemerkenswerte Tatsache, daß sich sowohl die Güte der Übereinstimmung mit den Beobachtungswerten als auch die Größe des Alternsexponenten und des Vernichtungsfaktors nur wenig ändern, wenn man von vornherein größere Werte für t_m der Rechnung zugrunde legt. Ja, man kann sogar $t_m = \infty$ setzen, die damit erzielte Übereinstimmung mit der Sterbetafel ist dann im Mittel immer noch besser als die der Gl. (3). Wie man leicht sieht, wird für diesen Grenzübergang $K = 0$, und Gl. (10) geht über in

$$y = A_1 e^{-\gamma e^{\beta t}}, \dots \dots \dots (14)$$

wobei

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \frac{P}{R_0 \beta} \\ A_1 &= A e^{\gamma} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (15)$$

Gl. (14) stellt eine neue einfache Absterbeformel dar.

Für die schon in Tafel 1 verwendeten Werte der Absterbeordnung in Deutschland ergibt sich¹⁾

$$y = 107,9 e^{-0,0753 e^{0,0586 t}} \dots \dots \dots (16)$$

¹⁾ Bei der Aufstellung dieser Beziehung handelt es sich zur Bestimmung der Konstanten um die Auflösung zweier transzendenten Gleichungen; wie man sich die Rechenarbeit hierbei erleichtern kann, soll sogleich gezeigt werden. Man entnehme aus der gegebenen Sterbetafel zu zwei Werten von t , t_1 und t_2 , die so beschaffen sind, daß

$$2t_1 = t_2,$$

die zugehörigen y_1 und y_2 (gegebenenfalls durch graphische oder rechnerische Interpolation). Dann soll sein

$$\begin{aligned} y_1 &= A e^{\gamma(1-e^{\beta t_1})} \\ y_2 &= A e^{\gamma(1-e^{2\beta t_1})} \end{aligned}$$

Setzt man $e^{\beta t_1} = u$, so erhält man leicht

$$\log \frac{A}{y_1} = \gamma(u-1) \log e,$$

$$\log \frac{A}{y_2} = \gamma(u^2-1) \log e.$$

Durch Division

$$\begin{aligned} u+1 &= \frac{\log \frac{A}{y_2}}{\log \frac{A}{y_1}}, \\ e^{\beta t_1} &= \frac{\log \frac{y_1}{y_2}}{\log \frac{A}{y_1}}. \end{aligned}$$

Hieraus kann man sofort β ermitteln. Weiterhin ergibt sich:

$$\gamma = \frac{2,303 \log \frac{A}{y_1}}{e^{\beta t_1} - 1}.$$

Damit ist auch γ gefunden. Zweckmäßigerweise ist schließlich noch zu berechnen

$$A_1 = A e^{\gamma}.$$

Die nach Gl. (16) berechneten Werte sind in Tafel 2 zusammengestellt.

Tafel 2.

Alter T	$t = T - 20$	y_0	y_1	$\Delta = \frac{y_1 - y_0}{y_0} \cdot 100$
20	0	100	100	0
30	10	92	94,1	+2,3
40	20	82,5	84,5	+2,4
50	30	69,6	69,6	0
60	40	52,6	49,1	-6,7
70	50	29,9	26,3	-12
80	60	8,5	8,5	0
90	70	0,56	1,1	+97
100	80	0,0034	0,036	+960

Man sieht, daß die Übereinstimmung eine befriedigende ist. Für den Vernichtungsfaktor ergibt sich nach Gl. (15):

$$\frac{P}{R_0} = \gamma \beta = 0,00443$$

und für den Alternsexponenten

$$\beta = 0,0586.$$

Durch diese beiden Größen ist also, in der Tat auch hier der Verlauf der Absterbeordnung hinreichend gekennzeichnet. Wir wollen nun auf die Frage der oberen Lebensdauer eingehen.

Es ist bekannt, daß den Sterbetafeln für die hohen Alter, also großen t , eine gewisse Ungenauigkeit zu eigen ist, die daher rührt, daß diese hohen Alter sehr selten erreicht werden. Die Zahl der beobachteten Fälle ist daher so klein, daß das „Gesetz der großen Zahlen“, auf das sich die Absterbeordnung gründet, nicht mehr angewendet werden kann. Wir wollen annehmen, die Sterbetafel sei an Hand der Beobachtungen der Anzahl N gleichzeitig Geborener angefertigt. Unter Zuhilfenahme einiger Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung sind wir dann imstande, uns ein Bild über die Höhe desjenigen Alters zu machen, oberhalb dessen die Beobachtungs- und Rechenergebnisse wegen der Unsicherheit der ersteren nicht mehr verglichen werden können. Oberhalb dieses Alters ist es nicht möglich, zu entscheiden, ob ein Widerspruch zwischen Beobachtung und Rechnung in der Unrichtigkeit der Rechnung oder der Unvollkommenheit der Beobachtung zu lösen ist. Ersichtlich kann man dieses Alter gleich demjenigen setzen, das erfahrungsgemäß nicht mehr oder fast nicht mehr zu beobachten ist. Andererseits kann man die Höhe dieses Alters aber auch aus der gefundenen Absterbeformel ermitteln. Stehen dann Erfahrung und Theorie im Einklang, so hat man zunächst eine weitere Stütze der Theorie gewonnen; weiterhin wird man es in der Folge nicht als grundsätzliche Schwäche bezeichnen, wenn die analytische Formulierung die Lebensdauer an sich unbeschränkt läßt. Es ist daher ganz interessant, eine diesbezügliche einfache Betrachtung anzustellen.

Zu diesem Zwecke berechnen wir unter Zu-

grundelegung der Gleichung (14) die Wahrscheinlichkeit, mit der von N Personen mindestens eine einzige T Jahre alt wird. Von einer Wahrscheinlichkeit, daß eine beliebige Person überhaupt T Jahre alt werden könne, kann man zwar in mathematischem Sinne nicht sprechen¹⁾; wir brauchen jedoch keinen Anstand zu nehmen, an Hand der Gleichung (14) eine „Lebenswahrscheinlichkeit“ w so zu definieren, daß wir setzen

$$w = \frac{y}{A}$$

$$\text{also} \quad w = \frac{A_1}{A} e^{-\gamma} e^{\beta t} \quad \dots \dots \dots (17)$$

Nach bekannten Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung²⁾ ist dann die Wahrscheinlichkeit, daß von den N Personen mindestens eine einzige das Alter T erreicht,

$$W = 1 - (1 - w)^N \quad \dots \dots \dots (18)$$

Sie ist demzufolge eine Funktion von T und als solche in Fig. 2 unter Benutzung der Konstanten

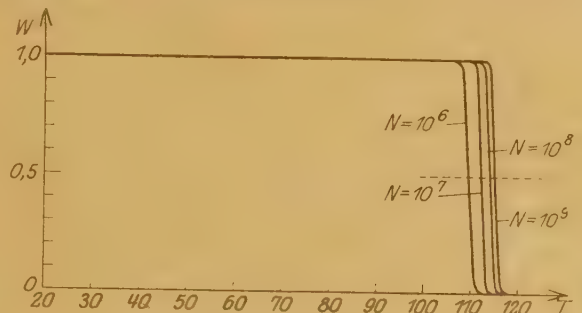


Fig. 2. Zur Wahrscheinlichkeit, daß von N Personen mindestens eine das Alter von T Jahren erreicht.

der Gleichung (16) für $N = 10^6, 10^7, 10^8$ und 10^9 aufgezeichnet. Ihr Verlauf ist sehr charakteristisch. Für kleine T ist der Wert W von 1 unmerklich verschieden, bei einem gewissen Alter sinkt er fast plötzlich auf nahezu Null herab. Wenn die Beziehung (16) die tatsächlichen Verhältnisse richtig beschreibt, dann muß dieses Herabsinken bei einem Alter geschehen, das mit dem übereinstimmt, welches man gewöhnlich als obere Grenze der Lebensdauer zu betrachten pflegt. Man sieht aus Fig. 2, daß dies in der Tat der Fall ist, indem bei einem Alter von etwa 113 bis 118 Jahren die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens schon nahezu Null ist.

Üblicherweise könnte man denjenigen Wert von T , für den die Wahrscheinlichkeit W gleich $\frac{1}{2}$ ist, als „wahrscheinliche obere Altersgrenze“ bezeichnen. Sie liegt für die Verhältnisse in Deutschland etwa zwischen 110 und 115 Jahren. Man kann sie berechnen nach der Näherungsformel

$$T_m = \frac{2,3}{\beta} \log \left\{ \frac{2,3}{\gamma} \log \frac{A_1}{A} \frac{N}{0,72} \right\} + 20 \quad \dots (19)$$

¹⁾ Vgl. hierzu die Bemerkung bei L. v. Bortkewitsch, Die mittlere Lebensdauer, Jena 1893, S. 2.

²⁾ S. z. B. E. Czuber, Wahrscheinlichkeitsrechnung I, Berlin 1908, S. 53.

Die zunächst etwas paradox anmutende Auffassung, die Lebensdauer sei nach oben hin unbegrenzt, steht also durchaus nicht im Widerspruch mit der Erfahrung; die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens höherer Alter ist so außerordentlich gering, daß das uns zur Verfügung stehende Erfahrungsmaterial darüber nichts aussagen kann. Beispielsweise ist die Wahrscheinlichkeit, die die Gleichung (16) für das Vorkommen eines Alters von 200 Jahren angibt, so klein, daß man mindestens 10^{3980} Personen hinsichtlich ihrer Lebensdauer beobachten müßte, um mit Sicherheit sagen zu können, daß dieses Alter erfahrungsgemäß nicht mehr im Bereiche der Möglichkeit liegt. Man erkennt die Unmöglichkeit, die Frage nach der Begrenztheit der Lebensdauer durch die Erfahrung entscheiden zu wollen, und kann ohne Scheu ein Absterbegesetz, das diese Grenze offen läßt, hinnehmen.

In Fig. 3 ist die wahrscheinliche obere Altersgrenze T_m als Funktion von N aufgetragen. Es ist sehr bemerkenswert, wie sie nur in geringem Maße mit der Zahl der Beobachtungen wächst. Zusammenfassend läßt sich demnach sagen, daß die Annahme einer an sich unbegrenzten Lebens-

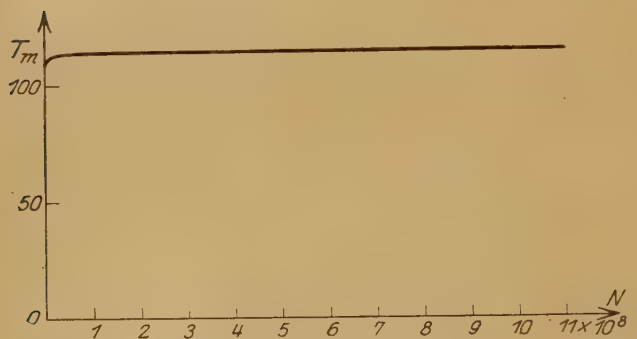


Fig. 3. Die wahrscheinliche obere Altersgrenze T_m als Funktion der Personenzahl N .

dauer zwar der Erfahrung nicht widerspricht, daß man jedoch wegen der verhältnismäßig kleinen Zeiträume, die unserer Beobachtung unterliegen, berechtigt ist, von einer *wahrscheinlichen oberen Altersgrenze*, also von einer *maximalen Lebensdauer*, zu sprechen. Der von Pütter vertretenen Auffassung, daß einer „mittleren Lebensdauer“ weder eine physiologische noch eine biologische Bedeutung zukommt, schließen wir uns an.

Da so unsere Gleichung (14) durchaus geeignet ist, die Absterbeordnung vollständig zu beschreiben, und da sie überdies von erstaunlicher Einfachheit ist, werden wir veranlaßt sein, die verwickeltere Beziehung (10) nicht mehr zu gebrauchen, und wollen zum Schlusse noch einiges Beobachtungsmaterial nachrechnen.

Die Tafel 3 zeigt die Absterbeordnung für Grönland (Männer, 1860–1870) und die nach Gleichung (14):

$$y = 208,3 e^{-0,735 e^{0,0325 t}}$$

berechneten Werte.

Tafel 3.

Alter	$t = T - 20$	y beobachtet ¹⁾	y berechnet
20	0	100	100
30	10	76	75,5
40	20	51	51,0
50	30	29	30,0
60	40	14	14,0
70	50	5	4,99

In Fig. 4 ist der Verlauf graphisch dargestellt. Es ist hier $\beta = 0,0325$ und $\frac{P}{R_0} = 0,0237$. Der Vernichtungsfaktor ist also etwa 5,3-mal so groß

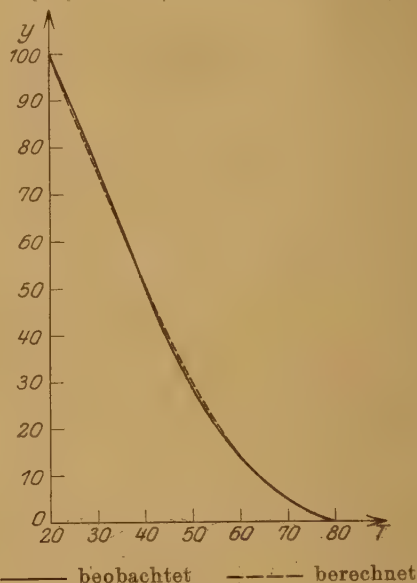


Fig. 4. Graphische Darstellung des Verlaufes von y und T nach Tabelle 3.

wie in Deutschland, der Alternsfaktor dagegen 1,8-mal so klein.

Für Indien ergibt sich für die Jahre 1881 bis 1891:

$$y = 135,6 e^{-0,3035 e^{0,041 t}}$$

$\beta = 0,041$, $\frac{P}{R_0} = 0,0125$, der Alternsfaktor also 1,4-mal kleiner, und der Vernichtungsfaktor 2,8-mal so groß wie in Deutschland.

Von Interesse ist es noch, die beiden charakteristischen Konstanten für die nach den Leibrantenbeobachtungen in Holland in den Jahren 1586–1670 aufgestellte Absterbeordnung auszurechnen. Für eine besonders ungünstige Periode, in der verheerende Krankheiten herrschten, ergibt sich $\beta = 0,0256$, $\gamma = 0,73$, $\frac{P}{R_0} = 0,0187$. Den geringen Alternsexponenten hat hier schon Pütter damit erklärt, daß die Menschen im 20. Lebensjahre, das wir für unsere Rechnung als Aus-

¹⁾ Die Werte sind bei A. Pütter a. a. O. entnommen.

gangsjahr¹⁾ betrachten, gewissermaßen schon gegeben sind durch die Sterblichkeit in jungen Jahren. Der Vernichtungsfaktor erweist sich als 4.2-mal so groß wie heutzutage bei uns.

In allen betrachteten Fällen ist noch zu bemerken, daß die durch die Formel (14) dargestellten Beziehungen eine im Mittel bessere Übereinstimmung mit den beobachteten Absterbeordnungen liefern als die Gleichung (3). Welche von den beiden Formeln, die Püttersche (3) oder unsere (14), nun als die bessere zu bezeichnen ist, läßt sich in der Kürze nicht entscheiden. Der Sinn der Pütterschen Abhandlung wird ja durch unsere Überlegungen nicht beeinträchtigt. Allerdings scheint es, als ob Gleichung (14) vor Gleichung (3) den Vorteil der genaueren Übereinstimmung mit den Beobachtungswerten und neben der etwas größeren Einfachheit eine eingehendere physikalische Begründung voraus hätte.

Der Hungertod.

Von A. Pütter, Bonn.

Am 25. Oktober 1920 starb im Gefängnis in London *Mac Swiney*, Bürgermeister von Cork, nachdem er 75 Tage gehungert hatte. Nach dem Bericht der Tageszeitungen hat er keine Nahrung aufgenommen, seit er am 12. August verhaftet wurde. Am 71. Hungertage verlor er das Bewußtsein, wurde in bewußtlosem Zustande zwangsweise gefüttert, verweigerte aber, sobald das Bewußtsein zurückgekehrt war, wieder jede Nahrungsaufnahme. Nicht nur die heroische Standhaftigkeit, mit der dieser Märtyrer der irischen Sache der englischen Gewalt trotzte, hat Aufsehen erregt, man fragte auch zweifelnd, ob die Nachricht von der langen Dauer des Hungers überhaupt in dieser Form zutreffen könnte, ob ein Mensch imstande sei, 2½ Monate lang zu hungern.

Was hinter den englischen Kerkermauern geschehen ist, das wird in seinen Einzelheiten wohl nicht so bald zu allgemeiner Kenntnis kommen, und einem deutschen Physiologen wird es zurzeit nicht möglich sein, sich nähere Angaben über den Verlauf des Hungers, die Größe der Wasseraufnahme, die Zwangsernährung usw. zu verschaffen.

Die Lehre vom Hungertode der Tiere bietet aber, im Sinne vergleichender Physiologie betrachtet, mancherlei Anhaltspunkte zu einer sachlichen Beurteilung dieses Falles, der in seiner Einzigartigkeit so wunderbar oder vielleicht auch so unwahrscheinlich ist.

1. Die Art des Hungertodes.

Der Grund dafür, daß kein Tier auf die Dauer die Zufuhr von Nahrung entbehren kann, liegt

¹⁾ Streng genommen müßte man auch diesen Ausgangszeitpunkt von Fall zu Fall nach irgendwelchen Gesichtspunkten festsetzen. Man müßte ihn etwa so wählen, daß der Verlauf der Absterbeordnung durch die Gl. (14) am besten dargestellt wird. Die hierdurch verursachten Unterschiede sind jedoch als unwesentlich hier nicht berücksichtigt worden.

darin, daß die „Atmung“, d. h. die Oxydation der Nährstoffe oder, wie man auch zu sagen pflegt: die „physiologische Verbrennung“ fort dauert, wenn auch keine Nahrung zugeführt wird. Es ergibt sich daraus, daß der Stoffbestand eines hungernden Tieres immer mehr abnehmen muß, und es liegt nahe anzunehmen, daß der Hungertod eintritt, wenn der Stoffbestand auf einen gewissen mindesten Wert gesunken ist. Wenn wir z. B. finden, daß die Strudelwürmer (*Planarien*) durch den Hunger auf etwa $\frac{1}{300}$ ihrer anfänglichen Masse reduziert werden können, bis sie Hungers sterben, daß beim Süßwasserpolyphen (*Hydra*) das winzige Gebilde ohne Mundöffnung und ohne Fangarme, das beim Hungern aus dem Polypen durch Einschmelzung großer Teile des Körpers entsteht, nur etwa $\frac{1}{200}$ des Volumens der frischen *Hydra* hat (3), so werden wir nach keinem anderen Grunde für den Hungertod suchen, werden die Erschöpfung des Stoffbestandes als hinreichenden Grund für das Lebensende annehmen.

In auffallendem Gegensatz zu diesen Hungerspezialisten stehen eine große Anzahl anderer Tiere, die nur eine vergleichsweise geringe Verminderung ihrer Körperstoffe ertragen können. Bei allen Tieren, deren äußere Abmessungen durch feste Skelettelemente bestimmt sind, erfolgt beim Hunger keine oder keine nennenswerte Größenabnahme, die Tiere werden, wenn sie hungern, schlanker, *magerer*, aber *nicht kleiner*. Insekten z. B. und Krebse und vor allem die Wirbeltiere gehören in diese Gruppe. Untersucht man die Zusammensetzung solcher Tiere im Hunger, so findet man tiefgehende Veränderungen in dem Anteil, den die einzelnen Gewebe am Aufbau des Körpers nehmen. Hungertiere dieser Gruppe enthalten stets prozentual mehr Wasser und vor allem auch mehr unlösliche Aschenbestandteile als normale Tiere, d. h. es wird ein Teil der organischen Stoffe, die im Hunger veratmet werden, durch Wasser ersetzt, und die anorganischen Bestandteile des Skeletts werden gar nicht oder nur in geringem Grade angegriffen, ja einzelne Befunde weisen darauf hin, daß sich bei eingehender Untersuchung wohl auch *organische* Stoffe finden werden, die gar nicht oder fast gar nicht im Hunger angegriffen werden (5). Solche Stoffe gehören wohl stets zu den Skelettbildnern, wie z. B. das Chitin bei Krebsen und Insekten.

Unter diesen Umständen wird die Wägung der ganzen Tiere kein richtiges Bild von der Verringerung des Bestandes an den Stoffen geben, die zur Erhaltung des Lebens im Hunger nötig sind. Das Gewicht kleiner Aale (*Monté-Aale*) verringerte sich z. B. in 43 Hungertagen auf 44 % des Anfangsgewichts. Sie waren damit dem Hungertode sehr nahe; bei einigen war er schon eingetreten. Der Bestand an oxydierbaren Stoffen hatte aber auf 33 % abgenommen, wie die chemische Analyse lehrte (8). Bei den verhungerten Tieren betrug der Bestand an verbrennbaren Stoffen gar nur etwa 23 %, also weniger als $\frac{1}{4}$ des

Ausgangsmaterials. Leider findet sich in dem Schrifttum über den Hungertod meist nur die Angabe des Gewichts und höchstens eine weitere über die relativen Gewichte der einzelnen Organe, dagegen keine Analysen des gesamten Stoffbestandes, aus denen zu ersehen wäre, wie weitgehend das verbrennbare Material abgenommen hat. Lehrreich ist bei diesen Angaben die Beobachtung, daß bei den höheren Tieren (Vögeln und Säugetieren) die lebenswichtigen Organe, in erster Linie Zentralnervensystem und Herz, nur um wenige Prozente (3 %) an Gewicht verlieren, während das Fettgewebe bis auf geringe Reste schwindet und auch Leber, Milz, Muskelgewebe starke Gewichtsabnahmen zeigen.

Die Frage aber, die uns am wichtigsten ist, ist die, ob wir auch bei allen diesen Tieren, bei denen eine Gewichtsabnahme auf 60, 50 oder 40 % des Anfangsgewichtes, entsprechend einer Verringerung des Bestandes an Atmungsmaterial auf etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$, zum Tode führt, von einem Tode durch Erschöpfung des Stoffbestandes reden können.

Daß hier in der Tat eine besondere Todesart vorliegt, zeigen die Untersuchungen von *Fr. N. Schulz* und seinen Schülern (4). Ein Hund von 19,65 kg Gewicht hungerte 27 Tage lang und nahm in dieser Zeit auf 14,44 kg, also um 5,21 kg ab. Dann befand er sich in einem Zustande schweren körperlichen Verfalls (Kollaps), so daß nach den Erfahrungen über die Vorboten des Hungertodes mit Sicherheit zu sagen war, daß er in wenigen Tagen sterben würde. Nun erhielt er für vier Tage ein kaum zureichendes Erhaltungsfutter, das jedenfalls völlig ungenügend war, um seinen Stoffbestand zu erhöhen und trotzdem war er dann imstande, eine neue Hungerzeit von 61 Tagen auszuhalten. Es konnte also die Schädigung, die das Tier an die Grenze des „Hungertodes“ gebracht hatte, nicht in einem Verbrauch aller verfügbaren Stoffe bestanden haben, denn in der zweiten Hungerzeit sank das Körpergewicht noch um 5,27 kg, von 14,44 kg auf 9,17 kg, und bei diesem Stoffbestande, der nur 46,5 % des Anfangsbestandes betrug, trat der Tod noch nicht ein, vielmehr erholte sich das Tier bei Fütterung vollständig und blieb in gutem Zustande am Leben.

Nicht der Mangel an Material für die physiologische Verbrennung, sondern die besondere Art des Hungerstoffwechsels, die Entstehung schädlicher Stoffwechselprodukte, die nicht unschädlich gemacht oder ausgeschieden werden können, bedingt bei den Säugetieren den Hungertod. Der Tod ist also ein Tod durch Vergiftung mit Stoffwechselprodukten. Welcher Art diese Produkte sind, können wir nicht sicher sagen. Wohl finden wir im Harn des hungernden Hundes wie auch beim Menschen Stoffe, die normalerweise im Stoffwechsel nur als Zwischenprodukte auftreten, nämlich die sogenannten Acetonkörper (Aceton, Acetessigsäure und β -Oxybuttersäure), aber wir

dürfen sie nur als Zeichen der Veränderung der Art des Stoffwechsels auffassen und nicht annehmen, daß gerade sie es sind, die den Tod herbeiführen. Das Auftreten dieser Stoffe, die aus unvollständiger Verbrennung der Fette stammen, zeigt nur, daß sich keine — oder doch zu wenig — Kohlehydrate am Stoffwechsel beteiligen, wie wir besonders aus den Erfahrungen bei der Zuckerkrankheit wissen, bei der die gleichen Stoffe auftreten.

Als Vergiftungserscheinung dürfen wir auch eine, anscheinend bei allen Wirbeltieren auftretende, Steigerung des Stoffwechsels in den letzten Tagen des Hungers auffassen. Bei den Säugetieren ist sie besonders in bezug auf den Eiweißumsatz untersucht (prämortale Steigerung des Eiweißumsatzes), bei Fischen zeigt der Sauerstoffverbrauch eine entsprechende Steigerung kurz vor dem Tode als Zeichen, daß der gesamte Umsatz erhöht ist, wahrscheinlich dadurch, daß unter der Wirkung der giftigen Stoffwechselprodukte Zellen absterben beginnen und ihre Stoffe dadurch plötzlich für den Umsatz verfügbar werden.

2. Hungerzeiten bei Tieren.

Gleichviel ob der Hunger im einzelnen Falle durch Erschöpfung des Stoffbestandes in einem lebenswichtigen Organ oder durch Vergiftung mit schädlichen Stoffwechselprodukten zustande kommt, werden wir immer versuchen können anzugeben, wieviel von den Körperstoffen veratmet worden sind, wenn der Tod eintritt und werden erwarten dürfen, daß für Tiere, die einander leistungsähnlich sind, dieser Zustand nach gewissen Zeiten erreicht wird, die „ähnliche“ Zeiten sind, nämlich Zeiten gleichen prozentualen Umsatzes.

Die Aufgabe der vergleichenden Physiologie ist es nicht, Zahlenangaben über beobachtete Hungerzeiten bei verschiedenen Tieren zusammenzutragen, sondern die Ähnlichkeit der Vorgänge des Hungerns und Verhungerns festzustellen und so das Einheitliche in der Buntheit der Einzelbeobachtungen aufzudecken. Die Aufzehrung des Stoffbestandes erfolgt um so rascher, je lebhafter der Stoffwechsel, bezogen auf die Einheit der Körpermasse, ist. Wir müssen also zunächst feststellen, wieviel Stoffe in der Zeiteinheit veratmet werden und wie sich deren Menge im Laufe des Hungers ändert.

Am einfachsten lassen sich die Verhältnisse so darstellen, daß wir angeben, wieviel Sauerstoff nötig ist, um alle organischen Stoffe zu oxydieren, die den Bestand des Körpers zu Anfang des Hungers und in den verschiedenen Stadien seines Verlaufs bilden, und damit die Menge des täglich verbrauchten Sauerstoffs vergleichen. Als Beispiel mögen die folgenden Zahlen für den Goldfisch dienen (7). Bei 15,4° verbrauchte ein Fisch von 5,5 cm Länge und 3,5 g Gewicht am

ersten Tage des Versuchs 11,5 mg Sauerstoff. Seine Sauerstoffkapazität, d. h. die Menge Sauerstoff, die zur Verbrennung aller seiner Körperstoffe nötig wäre, betrug 1537 mg, d. h. der tägliche Verbrauch betrug 0,75 % des Bestandes. Am 42. Hungertage betrug der Verbrauch, berechnet auf 15,4° nur noch 7,86 mg, aber da die Sauerstoffkapazität auf 1053 mg gesunken war, war der tägliche Umsatz wieder 0,75 % des Bestandes. Auch bei kleinen Aalen zeigte sich bis wenige Tage vor dem Hungertode der Umsatz in Prozents des Bestandes konstant. Das ist eine wichtige Erkenntnis. Wenn wir den Verbrauch zu Anfang im Verhältnis zum Stoffbestande ermittelt haben, so können wir nun angeben, nach welcher Zeit ein gewisser Bruchteil des Stoffbestandes veratmet ist. Der Bestand (y) zur Zeit t ist ausgedrückt durch die Gleichung $y = 100 e^{-kt}$, wobei k einen Faktor bedeutet, der von der Intensität des Stoffwechsels abhängt. Für den Goldfisch ist $k = 0,0075$ und, wie sich leicht berechnen läßt, würde für ihn die „Halbwertszeit“, d. h. die Zeit, in der der halbe Stoffbestand aufgezehrt wird, 93 Tage betragen. Ein Karpfen von 4,0 cm Länge verbraucht bei 15,0° täglich 1,13 % seines Bestandes, es ist also $k = 0,0113$ und die Halbwertszeit beträgt 62 Tage.

Könnten wir diese Erfahrung, die an Fischen gemacht ist, auf Vögel und Säugetiere übertragen, so wäre das von großem Wert, denn es würde ihre allgemeinere Bedeutung zeigen und uns erlauben, aus Beobachtungen an Säugetieren Rückschlüsse auf das Verhalten des Menschen zu machen.

Unsere Erfahrung an Fischen besagt, daß die Zeiten, in denen gleiche Bruchteile des Stoffbestandes verbraucht werden, proportional dem Faktor k sind, der seinerseits dem Sauerstoffverbrauch proportional ist. Nun wissen wir, daß bei verschieden großen Säugetieren und Vögeln der Sauerstoffverbrauch nicht der Masse, sondern ungefähr der Oberfläche der Tiere entspricht, d. h. daß er, auf die Einheit der Masse bezogen, um so größer ist, je kleiner das Tier ist, und zwar in dem Verhältnis größer, wie das Verhältnis von Oberfläche zu Inhalt größer ist. Dieses Verhältnis ist aber ausgedrückt durch die dritte Wurzel aus dem Gewicht, d. h. durch eine Größe von der Dimension einer Länge. Wir nennen sie λ . Wenn die Hungerzeiten der Säugetiere und Vögel „ähnliche“ Zeiten sind, d. h. wenn der Tod eintritt, sobald ein bei allen gleicher Bruchteil des Stoffbestandes veratmet ist, und wenn auch bei ihnen die Größe des Sauerstoffverbrauchs stets einen bestimmten Prozentsatz des jeweiligen Stoffbestandes ausmacht, so müssen die Hungerzeiten im Verhältnis der Lineardimensionen (λ) oder, was dasselbe bedeutet, im Verhältnis der dritten Wurzeln aus den Körpergewichten stehen. Eine Taube von 350 g Gewicht verhungert in 11 Tagen (1), vom Kondor, der 3,2 bis 3,5 m Spannweite und 15 bis 20 kg Gewicht hat, berichtet

Alexander von Humboldt¹⁾, daß er nach Angaben der Bewohner Chiles in Gefangenschaft 40 Tage lang Hunger ertragen könne. Als „ähnliche“ Hungerzeit berechnen wir bei 15 kg Gewicht 38,5 Tage, bei 20 kg Gewicht 42,1 Tage, also in der Tat den beobachteten Wert. Taube und Kondor verhungern in „ähnlicher“ Weise. Ein Goldhähnchen von 10 g Gewicht müßte, wenn es der Taube und dem Kondor ähnlich wäre, nach $3\frac{1}{4}$ Tagen verhungern, eine Rauchschnalbe von 18 g nach 4,1 Tagen.

Eine Maus von 18,5 g verhungert (10) in 6—7 Tagen, für einen gutgenährten Hund von 20 kg werden 60 Tage als Hungerzeit angegeben. Die Ähnlichkeit mit der Maus würde 62—72 Tage erfordern, also fast der Beobachtung entsprechend. Wir dürfen hiernach annehmen, daß die Vorgänge beim Verhungern auch bei Vögeln und Säugetieren in grundsätzlich ähnlicher Weise ablaufen, wie bei den Fischen.

Es muß aber noch eine Erfahrung über den Hunger der Tiere hervorgehoben werden. Die Zeiten, innerhalb deren Tiere derselben Art verhungern, schwanken innerhalb recht weiter Grenzen. So wird als besonderer Fall beim Hunde angegeben, daß ein Tier von 16,7 kg Gewicht in 99 Tagen auf 5,9 kg, also auf 35,4 % des Anfangsgewichtes herunterhungerte und erst dann starb. Damit wäre eine Hungerzeit erreicht, die noch über den Fall des Hundes hinausgeht, dem es durch eine Periode der Unterernährung, die in den reinen Hungerversuch eingeschoben wurde, ermöglicht wurde, nach 88 Hungertagen bei gutem Futter wieder gesund zu werden.

3. Der Hungertod beim Menschen.

Die Erfahrungen, die über den Hungertod des Menschen vorliegen, sind kaum jemals mit denen vergleichbar, die wir unter Versuchsbedingungen bei Tieren gewinnen. Wenn Schiffbrüchige oder Reisende in unbewohnten Gebieten (Polarfahrer) verhungern, so handelt es sich kaum jemals um eine plötzliche Entziehung jeder Nahrung, sondern die Nahrung wird knapper und knapper, bis alles aufgezehrt ist, es geht also dem vollständigen Hunger eine Zeit der Unterernährung voraus. Die Umstände, unter denen der Hunger in solchen Fällen ertragen werden muß, sind meist wenig gesundheitsfördernd und erheischen meist besondere Muskelanstrengungen, durch die die Abnahme des Stoffbestandes wie die Anhäufung schädigender Stoffwechselprodukte beschleunigt wird. So können wir nicht erwarten, Hungerzeiten zu bekommen, die so lang sind, wie sie der Mensch unter Bedingungen ertragen könnte, die denen des Tierversuches entsprechen.

Aus der älteren psychiatrischen Literatur sind Fälle von Geisteskranken bekannt, die die Nahrungsaufnahme verweigerten und so verhungerten. Unter solchen Umständen wurde beobachtet,

¹⁾ Ansichten der Natur Bd. II. Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse Anm. 2.

daß der Tod nach 20, 30 bis 42 Tagen eintrat, aber es handelte sich um den Hunger kranker Menschen. Heute werden diese Patienten durch Zwangsernährung vor dem Hungertode bewahrt.

Die Erfahrungen an Hungerkünstlern oder Menschen, die auf Grund einer Wette lange Zeit hungerten, zeigen nur, wie lange Menschen hungern können, ohne ernstlich in ihrer Gesundheit geschädigt zu werden. So hungerte der Italiener *Succi* 30 Tage lang unter genauer Kontrolle von *Luciani*. Er verlor dabei 19% seines Körpergewichtes, blieb aber bis zum Schluß in guter Verfassung.

Der Amerikaner Dr. *Tanner* hungerte (1879) 40 Tage lang und der Maler *Merlatti* in Paris (1886) 50 Tage. Beide Fälle sind wissenschaftlich nicht näher untersucht und in beiden Fällen bestanden gegen Ende der Hungerzeit erhebliche Leiden.

Die Grausamkeit, Gefangene Hungers sterben zu lassen, haben nur selten einzelne Machthaber gehabt, jedenfalls ist nur selten Genaueres darüber berichtet, wie z. B. über den Fall der sieben Ratsmänner von Glogau, die Herzog Hans von Sagan 1488 in seinem Turm verhungern oder richtiger verdursten ließ¹⁾. Da es sich hier um die vereinigte Wirkung von Hunger und Durst handelte, können wir nicht erwarten, daß die Zeiten bis zum Tode auch nur so lang waren, wie bei den Hungerkünstlern, die keinen Schaden an ihrer Gesundheit erlitten, denn der Durst schädigt rascher als der Hunger.

Daß Verbrecher den Selbstmord durch Enthalten von Speise und Trank dem Tode durch die Hand des Richters vorziehen, ist in vereinzelt Fällen vorgekommen. *Luciani* erwähnt den Advokaten *Viterbi*, der wegen Mordes in Untersuchung war und im Gefängnis starb, nachdem er 17 Tage lang gehungert und auch kein Wasser zu sich genommen hatte. Auch diesen Fall können wir nicht als Hungertod betrachten. Ein anderer Fall (der Mörder *W. Granier*), der über 2 Monate im Gefängnis gehungert haben soll, ist anscheinend hinsichtlich der Strenge des Fastens nicht ganz klar, hier fand — wenigstens zeitweise — Aufnahme von Flüssigkeit statt.

Allen diesen Erfahrungen gegenüber würde der Fall *Mac Swineys*, was seine äußeren Bedingungen anlangt, ganz einzig dastehen. Ein Mensch wird unter Bedingungen gehalten, von denen wir annehmen können, daß sie in bezug auf Schlafmöglichkeit, Wärme, Licht und Luft den allgemeinen hygienischen Anforderungen entsprechen haben. Körperliche Anstrengungen werden ihm nicht zugemutet und dabei enthält er sich der Nahrung. Wie es mit der Aufnahme von Wasser stand, wird nicht erwähnt, doch hat da offenbar keine Einschränkung stattgefunden. Sind derart schon besonders günstige Bedingungen für eine lange Dauer des Hungers gegeben,

so fragt sich weiter, ob nicht noch eines hinzutritt: die vorübergehende Zwangsernährung. Wie wir oben sahen, vermag eine an sich ungenügende und nur kurze Zeit dauernde Ernährung das Leben bis zum Hungertode erheblich zu verlängern. Hat — wie die Zeitungen berichten — nur einmal am 71. Hungertage eine solche Ernährung stattgefunden, so dürfen wir ihre Wirkung freilich nur gering veranschlagen.

Die vergleichend-physiologische Betrachtungsweise gestattet uns, die Erfahrungen an Tieren derart zu benutzen, daß wir angeben, wie lange der Mensch würde hungern können, wenn er unter den gleichen Bedingungen wie im Tierversuch gehalten würde, und wenn er den Tieren, die wir zum Vergleich heranziehen, physiologisch ähnlich ist. Der Mensch als Säugetier ist den übrigen Säugetieren ähnlich, wir können aber nicht sagen, welchem Tier gegenüber die Ähnlichkeit am größten ist. Wir müssen daher versuchen, durch Vergleichung die Stellung zu finden, die der Mensch in der Reihe der Säugetiere einnimmt.

Die Erfahrungen an Vögeln und Säugetieren haben übereinstimmend gezeigt, daß die Zeiten, die zum Hungertode führen, proportional den dritten Wurzeln aus dem Gewicht der Tiere, also einer Größe von der Dimension der Länge sind.

Für die Erfahrungen an Tieren war bezeichnend, daß die Hungerzeiten bei der einzelnen Art in recht weiten Grenzen schwanken, und das ist offenbar für den Menschen auch der Fall. Wenn eine Maus von 18,5 g nach 6—7 Tagen verhungert, so ist die „ähnliche“ Hungerzeit für den Menschen 15,6-mal so lang, d. h. 93,5 bis 109 Tage. Ein Hund von 20 kg verhungert nach 60 Tagen, der ähnliche Wert für den Menschen beträgt 89 Tage. Nehmen wir dagegen Katze oder Kaninchen als Vergleichstiere, so erhalten wir folgende Zahlen:

Tier	Gewicht g	Hungerzeit Tage	Ähnliche Hungerzeit für den Menschen Tage
Katze	3100	14	39,5
	2500	18	55,0
Kaninchen	1200	7	27,2
	1100	9	36,0
	2422	26	79,0

Aus diesen Vergleichen ergibt sich zunächst schon das eine: Wenn Hungerzeiten bis zu 90 oder 100 Tagen beim Menschen beobachtet würden, so würde uns das vom Standpunkte der vergleichenden Physiologie aus nicht erstaunlich sein, wir hätten eine Ähnlichkeit im Verhalten des Menschen mit Maus oder Hund erkannt. Die Zahlen, die über den Menschen vorliegen und zu niedrig im Vergleich mit den Tierversuchen sind, zeigen eigentlich nur, daß 40 bis 50 Tage Hunger noch nicht die Grenze darstellen. Ähnlichkeit mit der Katze würde 40 bis 55 Hungertage erfordern,

¹⁾ *G. Freytag*, Bilder aus der deutschen Vergangenheit, zweiter Band, I. Abt., S. 172.

Ähnlichkeit mit dem Kaninchen 27 bis 36, aber — wie eine gut belegte Erfahrung zeigt — auch bis zu 79 Hungertage möglich erscheinen lassen. Wir werden also den Menschen, was seine Fähigkeit, Hunger zu ertragen, anlangt, zwischen Kaninchen und Katze einerseits und Hund und Maus andererseits einreihen. Vom Standpunkte der vergleichenden Physiologie wundert es uns weniger, daß der Mensch 75 Tage lang voll hungern kann, als warum er nicht länger, etwa 100 Tage, aushalten kann, wie es der Ähnlichkeit mit Maus oder Hund entspräche.

Wenn es gelingt, durch geeignete Einfügung einer kurzen Periode der Unterernährung einen Hund von ca. 20 kg 88 Tage lang im Hunger zu erhalten, so sollte der Mensch, wenn er in dieser Beziehung dem Hunde ähnlich wäre, 136 Tage erhalten werden können.

Wir könnten die Erfahrungen an Tieren auch in der Weise auf den Menschen übertragen, daß wir sagen: der Hungertod pflegt einzutreten, wenn das Körpergewicht etwa um 40 bis 50 % abgenommen hat, wobei dann der Bestand an verbrennbaren Stoffen noch erheblich stärker reduziert ist, wohl mindestens um 50 bis 60 %. Die Verbrennungswärme der Stoffe, die ein gut ernährter Mann von 70 kg in seinem Körper enthält, beträgt 160 000 Kal. In einem gut geführten Hungerversuch dürfte der Umsatz pro Tag und Kilogramm Gewicht nur 27 bis 30 Kal. im Beginn des Hungers betragen, d. h. es würden täglich 1,2 bis 1,3 % des Bestandes veratmet. Dann ist $k = 0,012$ bis $0,013$, und es ist zu erwarten, daß die Hälfte der organischen Körperstoffe nach 54 bis 58 Tagen aufgezehrt ist, 60 % des Bestandes nach 71 bis 77 Tagen. Auch auf diese Weise erscheinen uns also Hungerdauern, die sogar noch über die hinausgehen, die jetzt beobachtet zu sein scheinen, als durchaus im Einklang mit den Lehren der Physiologie des Stoffwechsels.

Falls der Verlauf des Hungers an *Mac Swiney* genau beobachtet worden ist, so würde dieser Fall der erste sein, der unter solchen Bedingungen beobachtet wurde, wie wir sie im Tierversuch schaffen, d. h. die Hungerzeit, die hier beobachtet wurde, würde die einzige bisher bekannte sein, die mit den Tierbeobachtungen vergleichbar wäre, da die Angaben über den Mörder Granier, der auch mehr als zwei Monate aushielt, nicht sicher sind. Es hat wohl niemand den Wunsch, unsere Erfahrungen in dieser Richtung erweitert zu sehen und dadurch zu erfahren, ob der Mensch in seiner Widerstandsfähigkeit gegen den Hunger mehr der Katze oder dem Hunde ähnlich ist. Daß er auch in bezug auf die Fähigkeit, den Hunger zu ertragen, keine Sonderstellung unter den Säugetieren einnimmt, geht aus unseren Darlegungen schon zur Genüge hervor. Eine kurze Zeitungsnotiz vom 26. Oktober 1920 behauptete, daß noch ein anderer Ire — Murphy — im Hungerstreik gestorben sei, anscheinend nach 76

Tagen, und daß angeblich noch 9 weitere Sinner ebenso lange hungerten, doch ist über ihren Tod oder sonst über diese Fälle inzwischen nichts berichtet worden.

Literatur.

Allgemeines:

1. *Luciani*, Physiologie des Menschen Bd. IV, 1911.
2. *Pütter*, Vergleichende Physiologie, Jena 1911.

Besonderes:

3. *Eugen Schulz*, Arch. f. Entwicklungsmech. der Organismen Bd. 18, 1904, u. Bd. 21, 1906.
4. *Schulz*, Fr. N., u. *Hempel*, Pflüg. Arch. Bd. 114, 1906.
5. *Pütter*, Abhandl. d. Ges. der Wiss. zu Göttingen 1908, N. F. Bd. VI, Nr. 1.
6. *Kochmann u. Hall*, Pflüg. Arch. Bd. 127, 1909.
7. *Pütter*, Z. f. allgem. Physiol. Bd. 9, 1909.
8. *Lipschütz*, Z. f. allgem. Physiol. Bd. 12, 1910.
9. *Nußbaum u. Oæner*, Arch. f. Entwicklungsmech. der Organismen Bd. 34, 1912.
10. *Hofmeister*, F., Ergebnisse der Physiologie Bd. 16, 1918.

Besprechungen.

Neumayr, M., und Fr. Ed. Sueß, Erdgeschichte. 3. Auflage, 1. Band. Dynamische Geologie. Leipzig und Wien, Bibliographisches Institut, 1920. XVI, 543 S., 132 Abbildungen im Text, 6 Farbtafeln, 24 schwarze Tafeln und 2 farbige Kartenbeilagen. Preis M. 90,—. Das Erscheinen der „Erdgeschichte“ von *Melchior Neumayr* im Sommer 1886 war in der deutschen naturkundlichen Literatur ein wahrer Markstein der Entwicklung geologischer Lehrbetätigung. Es wurde in dem Buche in der Tat ein im besten Sinne populäres Werk dargeboten. Seine Grundlage war strenge Wissenschaftlichkeit, die Ausführung in ihrer leichtverständlichen, einem nicht speziell vorgebildeten Leserkreise angepaßten Art eine Musterleistung geologischer Darstellungskunst. Sehr wesentlich wirksam waren hierbei die prächtigen, von Künstlerhand gefertigten Abbildungen des Werkes. So kam es, daß *Neumayrs* „Erdgeschichte“ sowohl bei den Fachleuten als auch bei allgemein naturwissenschaftlich Interessierten einen außerordentlichen Anklang fand und in hohen Ehren stand.

Die zweite Auflage wurde von *Viktor Uhlig* bearbeitet. Es gelang ihm, unter möglichster pietätvoller Erhaltung des alten Rahmens doch viel Neues in ihm darzubieten. Nur im Abschnitt über Gebirgsbildung war dieser sichtlich zu enge geworden, lag doch schon damals das für alle Geologen der Erde maßgebende große Werk von *E. Sueß* „Das Antlitz der Erde“ mit seinen tiefgreifenden Erörterungen über die Tektonik der Erdkruste vor.

Nunmehr ist die 3. Auflage der „Erdgeschichte“ herausgegeben. Als Bearbeiter zeichnet Professor *Franz Eduard Sueß*.

Schon beim Durchblättern des vorliegenden stattlichen ersten Bandes, der die dynamische Geologie behandelt, bekundet sich der energische und mit bestem Gelingen in die Tat übersetzte Wille des Verfassers und des Verlages, trotz der Not der Zeit, dem Buche seinen Ehrenplatz in der geologischen Literatur zu wahren. In hervorragend schöner Ausstattung stellt es sich mit seinen prächtigen Textfiguren, farbigen und schwarzen Tafeln, gutem Druck und solidem Einband würdig vor. Das nähere Studium bringt den Beweis, daß der innere Gehalt des Werkes seiner Vor-

gänger würdig ist. Nach Form und Inhalt ist das Buch eine Glanzleistung der geologischen Literatur. Das Vorbild der Neumayrschen „Erdgeschichte“ ist nicht verlassen, überall aber merkt man die Umgestaltung des Stoffes im Sinne der neuen Auffassungen. Mit besonderer Sorgfalt und Eindringlichkeit hat der Verfasser die magmatischen Erscheinungen der Gesteinsbildung geschildert; gleiches gilt für die Faltungsakte, die Erscheinungen der Metamorphose, der Verwitterung und Bodenbildung. Hier und da wird der eine oder andere Fachmann wohl mit des Verfassers Meinung nicht voll übereinstimmen, so z. B. bezüglich des Aufsteigens der im deutschen Boden so wichtigen Zechsteinsalzmassen. Das erhöht aber schließlich nur das Interesse an dem Werk.

Man kann dem Verfasser und dem Verlage herzliche Glückwünsche darbringen zur schönen Vollendung der gewaltigen Arbeit, die sich in den fünfeinhalbhundert Seiten des Buches verkörpert. Der neuen Neumayr-Suessschen „Erdgeschichte“ wird sicherlich ein großer Leserkreis zufallen. F. Rinne, Leipzig.

Wilkens, O., Allgemeine Gebirgskunde. Jena, Gustav Fischer, 1919. 8°. 154 S. und 115 Textfig. Preis M. 10,—.

Der Verfasser liefert, ohne selbst Neues zu bringen oder zu vertreten, eine Zusammenfassung über die Morphologie und Tektonik unserer Gebirge. Es ist ihm besonders unter Wiedergabe vieler und sehr gut ausgewählter, aber ausschließlich fremder Profile, Blockdiagramme und perspektivischer Gebirgszeichnungen aus der vorliegenden Literatur bestens geglückt, seiner Darstellung eine anziehende und auch allgemein verständliche Form zu geben. Der Haupteindruck des Büchleins ist der Beweis dafür, daß wenige Forscher, vor allem Marcel Bertrand, Schardt und Ed. Sueß der neuen geologischen Forschung in allen Ländern eine gewaltige und gleichgerichtete Anregung verliehen haben, deren glücklichste Wirkung erst in den zahlreichen neuen und neuesten geologischen tektonischen Forschungen ganz zum vollen Ausdruck kommt.

Nachdem der Verfasser die morphologische und tektonische Terminologie und die tektonischen Grundbegriffe behandelt hat, geht er im Hauptabschnitte des Buches zur Behandlung der „Faltengebirge“ über, welche allerdings viel treffender als Schubgebirge bezeichnet werden sollten. Er erläutert den Aufbau der Hauptgebirge der Erde. Im Kapitel „Die Alpen als Beispiel für ein junges Faltengebirge“ wird leider nur auf die Westalpen Bezug genommen, während ebenso wichtige und zahlreiche Forschungen in den weiten östlichen Alpen mit keinem Wort erwähnt werden. — Der Referent vermißt auch die klassischen tektonischen Arbeiten, welche die Geologen Argentiniens über die Anden und die pampinen Sierras veröffentlicht haben. Die auf keiner Stelle der Erde so klar und schön aufgedeckten Beispiele für gefaltete ältere Kontinentalflächen. Nahe gelegen hätte es für ein deutsches Buch auch, auf die lehrreiche jüngere Tektonik Mitteldeutschlands noch näher einzugehen.

Den Fachgeologen erfreuen an dem Buch besonders die ihm auf so bequeme Art vorgelegten schönen Profile der neueren Autoren, und dem Fernerstehenden bietet sich hier eine gute Gelegenheit, sich in das schwierige Kapitel der neuen Gebirgstektonik durch ein möglichst eingehendes Studium dieser aus der wichtigsten Literatur wiedergegebenen Profile in die neuen Auffassungen zu vertiefen.

Beide werden dem Autor für diese Zusammenstellung Dank wissen und ihm wünschen, daß es ihm in neuen Auflagen des Buches vergönnt sein möge, den Inhalt stets durch die ständig wachsende Kenntnis von unseren Gebirgen auf dieser Höhe zu erhalten.

A. Tornquist, Graz.

Ruska, Julius, Methodik des mineralogisch-geologischen Unterrichts. Stuttgart, F. Enke, 1920. VIII, 520 S., 35 Textabbildungen und 1 Bildtafel. 8°. Preis geh. M. 36,—; geb. M. 44,—.

Schulen, Universitäten und Fachanstalten bemühen sich seit Kriegsende eindringlicher als früher, den Wert geologischer Erfahrungen weiten Volkskreisen zugänglich zu machen, allgemeinen Nutzen wirtschaftlicher und ethischer Art erstrebend. Wie die Schulen vorarbeiten sollten, wie sich ein selbständiger Geologieunterricht mit mineralogischer Grundlage folgerichtig und zweckmäßig in der neunklassigen Mittelschule aufbauen müßte, will das vorliegende Buch ad usum von Lehrer und Unterrichtsbehörde zeigen. In Preußen gibt es immer noch keine Schulstunden für Geologie, in den andern Bundesstaaten nur bei Realanstalten. Die uns von Ruska vorgeführte Methodik des mineralogisch-geologischen Unterrichts zeugt von tiefem Verständnis für die Sache und für den Schüler — aber es ist ein Idealprogramm, das sich aus Zeitmangel kaum im normalen Unterricht unterbringen lassen wird. Nicht Bevorzugung eines Faches, sondern Einspielen alles nach seinem pädagogischen und allgemeinen Wert Nötigen ist die Aufgabe der Schule. Diese will und soll ja keine Geologen heranbilden, sondern dem Schüler Sinn und Herz öffnen für Schönheit und Wert des Lehrgegenstandes, den sie im Zusammenhang mit der Gesamtkultur pflegt. Daher möchte Ref. meinen, daß in dem Buche der Mineralogie, Kristallographie, Petrographie und auch historischen Geologie zuviel Raum für die Schule zugemessen ist, während die allgemeine Geologie, die Grundlage für alles Verstehen geologischer Dinge, verhältnismäßig zu kurz kommt. Die so besonders bevorzugte Mineralogie ist ihrem Wesen nach eine von der Geologie ganz verschiedene Wissenschaft, so daß ihre enge Verknüpfung mit der Geologie und ihre Ausgestaltung, wie sie Ruska für die Schule will, nicht gerechtfertigt ist. Physik, Chemie, Erdkunde, Zoologie und Botanik tragen mindestens so zur Fundamentierung geologischen Wissens bei wie die Mineralogie; aber keine soll zur Magd der andern gestempelt werden! Sind sie alle dem Schüler vorgeführt, dann wird er die Geologie in verhältnismäßig kurzer Zeit aufnehmen können. Selbständige Stellung für diesen geologischen Unterricht muß auch jedem weitsichtigen Nichtgeologen berechtigt erscheinen. Den zutreffendsten geologischen Lehrplan scheint dem Ref. der geologisch „fortschrittlichste“ Staat, Württemberg angeordnet zu haben, der schon 1912 in allen höheren Knabenschulen vorschrieb: Die Mineralogie ist mit der Chemie vereinigt, Kristallographie spärlich bedacht. Bei Ausflügen soll auch schon in unteren und mittleren Klassen auf geologische Dinge aufmerksam gemacht werden und in Obertertia sind die Grundzüge der Geologie mit dem Geographieunterricht verbunden. In Oberprima sind dem geologischen Unterricht von Neujahr bis Ende Juli zwei Wochenstunden zugeteilt, so daß er als Abschluß des naturwissenschaftlichen Unterrichts überhaupt erscheint, nachdem er durch Erdkunde, Biologie, Chemie und Mineralogie vorbereitet ist. Der Hauptnachdruck liegt auf der allgemeinen Geologie.

mit der die genetisch zu behandelnde Gesteinskunde zu verbinden ist.

Manche eingeflochtenen Exkurse über geologische Streitfragen machen das Buch anregend und noch allgemein nützlich. Auch der Universitätslehrer kann sich manches für seinen Lehrbetrieb herausholen.

J. Wilser, Freiburg.

Goldscheider, A., Das Schmerzproblem. Berlin, Julius Springer, 1920. 91 S. Preis M. 10,—.

Durch *Frédéricq*, besonders aber durch *v. Frey* ist die Lehre aufgestellt und eingehend begründet, daß es spezifische Nerven seien, welche die Schmerzempfindung vermitteln, und daß nur durch die Erregung dieser Nerven Schmerz entstehen könne. Es gebe somit einen eigenen, dem Gesichtssinn, Gehörsinn usw. Sinn gleichwertigen Schmerzsinne mit einem eigenen peripherischen und zentralen Nervenapparat. Im Gegensatz hierzu vertritt und begründet *Goldscheider* eingehend die „ältere“ Anschauung, daß der „Gefühlssinn“, welcher die Tastempfindungen, die Sensibilität der Haut und der verschiedenen Organe und Gewebe für mechanisch, elektrisch oder thermisch bedingte Erregungen umfaßt, immer dann schmerzhaft erregt werde, wenn die Reizung ein gewisses Maß der Intensität überschreitet. Abgesehen vom „Gefühlssinn“ aber seien in keinem Sinne Schmerzempfindungen möglich. Mit *v. Frey* ist *Goldscheider* einig in der Feststellung, daß es gewisse Punkte der Haut gibt, die als „Schmerzpunkte“ von *Goldscheider* selbst bezeichnet sind, und an denen ein sehr schwacher, spitzer Reiz eine auffallende Schmerzempfindung auslöst, an denen auch das spezifische Druckgefühl fehlt. Trotzdem sind nach *Goldscheider* diese Punkte nicht die Endigungen spezifischer Schmerznerve — erstens, weil sie „bei sehr vorsichtiger Reizung ein sehr schwaches, mattes Berührungsgefühl, welches schnell in Schmerz übergeht“, ergeben; zweitens, weil diese Punkte nicht mehr die gleiche, feinstechende Schmerzempfindung wie vorher erkennen lassen, wenn man die betreffende Hautstelle reibt oder etwa eine Minute lang stark preßt. In diesem zweiten Falle lassen sie eine unterschmerzliche, stichartige, matte Empfindung erkennen, wie sie an denjenigen Hautstellen entsteht, welche zwischen den Druck- bzw. Schmerzpunkten gelegen sind. Im Gegensatz hierzu hatte *v. Frey* durch Anwendung von Schwellreizen reine Schmerzempfindung ohne gleichzeitige Berührungsempfindung erzeugt; das Auftreten von Berührungsempfindungen, das *Goldscheider* bemerkt hatte, beruht nach *v. Frey* auf Mitreizung von Druckpunkten durch die ausgebreitete Deformation der Haut. Die Ubiquität der Empfindung an der Haut bezieht *v. Frey* auf fortgeleitete Erregung der Druckpunkte bei überminimalen Reizen.

Gegen diese Anschauung wendet sich *Goldscheider*, indem er im einzelnen u. a. die Fragen nach der mechanischen Empfindlichkeit der Haut außerhalb der Druck- und Schmerzpunkte, die Frage der Latenz der Schmerzempfindung, der Entstehung von Schmerz durch Summation, der Existenz unterschmerzlicher Empfindungen an den Schmerzpunkten und der Schmerzempfindlichkeit der Druckpunkte erörtert. Er gelangt u. a. zu dem Resultat, daß es in der Haut außer den spezifischen Drucksinnesnerven noch Nerven gibt, welche ebenfalls empfindlich gegen mechanische Reize sind und eine der Druckempfindung ähnliche Empfindung entstehen lassen, die als matte Berührungs- oder Spannungsempfindung, bei punktförmigem Reiz als matte, stichartige Empfindung erscheint. Alle diese Nerven können ebenso wie die spezifischen Druck-

sinnesnerven, die in den Druckpunkten endigen und mit denen zusammen sie den „mechanischen Sinn“ bilden, bei stärkerer Reizung Schmerz vermitteln. Spezifische Schmerznerve dagegen, denen die Schmerzempfindung als ausschließliche Qualität zukommt, existieren nicht; die Schmerzempfindung zeigt Übergänge zur taktilen Empfindung, aber sie ist nicht identisch mit einer unangenehmen Druckempfindung. Die elementare Schmerzempfindung ist stichartig; von der Art, wie sie durch punktförmige Reizung entsteht. Die anderen Hautschmerzen entstehen durch Aneinanderreihung und Verschmelzung einzelner punktförmiger Schmerzen; ebenso wie die mannigfachen taktilen Empfindungen (Kriebeln, Prickeln, spannende, drückende, pressende, hauchartige, Schwellungsempfindungen usw.) sich auf konfluierende, punktuelle Berührungs-, Druck- und matte Stichempfindungen zurückführen lassen. Von allen taktilen Empfindungen erreicht die punktförmige, die Stichempfindung, am schnellsten die Schmerzschwelle.

Die vielseitig-experimentellen und theoretischen Begründungen dieser Resultate müssen im Original nachgelesen werden — das Lesen der Schrift wird durch eine etwas unsystematische Anordnung des Materials erschwert. Löwenstein, Bonn.

Hofmann, Franz Bruno, Die Lehre vom Raumsinn des Auges. Erster Teil. Berlin, Julius Springer, 1920. III, 213 S., 78 Textfiguren und 1 Tafel. Preis M. 20,—.

Die Raumlehre des Auges ist bis jetzt durch zwei klassische Werke vertreten, *Helmholtz'* physiologische Optik und *Herings* Raumsinn des Auges in *Hermanns* Handbuch der Physiologie. Sie werden wohl auf lange Zeit, beide von einem anderen Standpunkte aus, grundlegend bleiben. Wenn ein neuerer Autor eine Raumlehre des Auges verfaßt, so wird man von ihm erwarten, daß er einerseits den Wandlungen Rechnung trägt, welche eine namentlich praktischen Bedürfnissen gerecht werdende Darstellung erheischt und hierin ein weites Feld für seine Originalität erblickt, andererseits daß er in den Bahnen wandelt, welche für alle prinzipiellen Fragen in dem einen oder anderen Sinne durch die beiden genannten Klassiker festgelegt sind. *Hofmanns* Werk entspricht den beiden Erwartungen. Um mit dem letzten zu beginnen, so hat er sich konsequent und in ausgezeichneter Durchführung auf den Boden von *Herings* Auffassungen der Sinnesphysiologie gestellt. Er war auch dazu berufen, weil er jahrelang die Gelegenheit gehabt hat, in der Werkstätte des Meisters seinem Denken und Schaffen zu folgen, und sich selbst dort und an anderen Stätten auf diesem Gebiete erfolgreich betätigte. Was der erste betrifft, so trägt *Hofmanns* Werk eine in sich selbst beruhende Eigenprägung durch einen Aufbau, der von den bisherigen Werken gleicher Art abweicht und, wie es scheint, in zweckmäßiger Weise abweicht. Denn dieser erste Band beginnt mit dem, was die *Heringsche* Schule die relative Lokalisation im ebenen Sehfeld nennt, und befaßt sich ausschließlich mit all denjenigen Problemen, die sich unter diesem Gesichtspunkt zusammenfassen lassen. Für denjenigen, für den die praktische Seite der Raumlehre im Vordergrund des Interesses steht, hat diese Einteilungsart den Vorzug, daß er von Anfang an in gründlichster Weise in all die praktischen so wichtigen Fragen, das Auflösungsvermögen des Auges betreffend, eingeführt wird. Augenmaß und Formensehen werden nach allen Richtungen hin der physiologischen Bedingungen zergliedert, dabei aber keineswegs die psychologische Würdigung vernachlässigt. Wohl

den gründlichsten und wertvollsten Teil des Werkes stellt der Abschnitt über die Gestaltwahrnehmungen dar. In der Bearbeitung der geometrisch-optischen Täuschungen zeigt der Verfasser ein sehr großes Geschick, die Fragestellungen klar zu formulieren und die durch eine überreiche Literatur zu rechter Verwicklung gelangten Erscheinungen so zu zergliedern, daß alles Wesentliche eine anschauliche Gestaltung gewinnt. Die große Erfahrung des Autors, der über einen trefflichen Schatz eigener gut ersonnener Versuche verfügt, sowie eine stattliche Zahl ausgezeichneter Abbildungen tragen viel dazu bei, daß *Hofmanns* Lehre vom Raumsinn des Auges einen gegliederten Versuch darstellt, eine moderne Raumlehre zu schaffen, welche Augenärzten, Physiologen und Psychologen ein zutreffendes Bild eines Gebietes gibt, an dessen fachkundiger Darlegung die drei genannten Kreise ein lebhaftes Interesse besitzen. Namentlich diejenigen, denen wegen der großen Zersplitterung der Literatur des Gegenstandes ein einheitliches Bild des modernen Wissens auf diesem Gebiete nicht zugänglich ist, werden dem Autor dankbar sein.

Leon Asher, Bern.

Hering, Ewald, Grundzüge zur Lehre vom Lichtsinn.

Vierte Schlußlieferung. Berlin, Julius Springer, 1920. V, S. 241–294. Preis M. 7,— u. Sortimentszuschlag.

Mit Wehmut wird der in der zeitgenössischen Physiologie Erfahrene diese Schlußlieferung der Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn in die Hand nehmen; denn es ist der Abschied von einem der größten Meister der Physiologie. Dieselbe wundervolle Klarheit, welche die Erstlingswerke *Ewald Herings* auszeichneten, jene klassischen Beiträge zur Physiologie vom Jahre 1861–64, in denen sich eine souveräne Beherrschung der Sinnesphysiologie und Psychophysik kundtat, leuchtet auch aus den letzten Zeilen des hochbetagten Autors. Dank ist auch der feinsinnigen Redaktion von *Carl Heß* schuldig, der wie kaum ein zweiter in die Gedankengänge *Ewald Herings* eingeweiht, die Aufzeichnungen des Nachlasses zu einem harmonischen Ganzen ordnete.

Das Heft beginnt mit dem Abschluß der Lehre von den binokularen tonfreien Farben. Hierauf folgt ein Abschnitt, in dem, so kurz sie ist, die Durcharbeitung der Lehre von der Anpassung des Auges an die jeweilige Beleuchtung und an ständige Netzhautbilder eine Darlegung erfahren hat, welche keinen Zweifel mehr an der Wichtigkeit der Anpassung für das Zustandekommen des Sehaktes lassen kann. Aber seine recht eigentliche Bedeutung gewinnt diese letzte Lieferung durch den Abschnitt, welcher die Beziehungen zwischen der bunten Qualität der Farben und der Schwingungszahl der optischen Strahlen behandelt. Schwingungszahl und Farbe ist durch die suggestive Kraft des Unterrichts in der Vorstellung von Forschern und Laien so fest miteinander verknüpft, daß die Freimachung von dieser Beziehung, die unerlässlich ist, wenn man an die physiologischen und psychologischen Probleme der Farbenwahrnehmung herantreten will, nur schwer gelingt. In dem geistvollen Gedenkwort der Psychophysik, welches *Franz Hillebrand* zum Andenken an *Ewald Hering* schrieb (Berlin, Springer, 1918), kam wohl schärfer als je bisher zum Ausdruck, was *Hering* für das Sinnes- und Geistesleben des Menschen geleistet hat durch seine allseitige Durchführung einer exaktwissenschaftlichen, nicht physikalischen Grundlegung einer subjektiven Lehre von den Sinneswahrnehmungen. Der Schluß des letzten Schriftwerkes von *Ewald Hering* offenbart uns noch einmal die prinzipiell wichtigste Seite seines

Lebenswerkes mit der gleichen nachdenklichen Klarheit, die seine Schüler stets an ihm bewunderten.

Leon Asher, Bern.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 22. November 1920 hielt Professor A. Rühl (Berlin) einen Vortrag über **die deutschen Seehäfen und ihr Hinterland**. Früher betonte die Bedeutung der Seehäfen vornehmlich in ihrer geographischen Lage zu den großen Linien des Weltverkehrs, dessen Ausgangs- oder Kreuzungspunkte sie meist darstellten. Im 19. Jahrhundert erfolgte ein Umschwung der Weltwirtschaft, indem die Vermehrung der Bevölkerung die Bedeutung der Luxusartikel herabdrückte und die für das Leben in erster Linie erforderlichen Massengüter an die erste Stelle rückte, so daß die wirtschaftliche Kraft des eigenen Landes heute die entscheidende Rolle für die Blüte der Häfen spielt. Damit haben sich auch die Funktionen der Häfen, die früher im wesentlichen Stapelplätze waren, und die Bewertung ihrer Uferlage geändert. Die Transportkosten stellen sich für diejenigen Häfen am günstigsten, die möglichst weit stromaufwärts an großen Strömen liegen. Die Leistungsfähigkeit der Binnenschifffahrt wirkt heute in erster Linie mitbestimmend auf die Bedeutung der Seehäfen in Nordwesteuropa. Anders liegen die Verhältnisse im Mitteländischen Meere, bei dem diese billigen Zufahrtsstraßen fortfallen, so daß die Schweiz z. B. ein Konkurrenzgebiet für die Mittelmeerhäfen Genua und Marseille einerseits und die Rheinhäfen andererseits bildet.

Der Vortragende hat sich die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, nach welchen Gesichtspunkten die Auswahl der Häfen für die verschiedenen Güter in den einzelnen Teilen des Deutschen Reiches erfolgt. Dabei zeigt sich, daß nicht die Seefrachten die entscheidende Rolle spielen. Bei der Einfuhr überseeischer Produkte aus weiten Entfernungen spielen kleinere Längenunterschiede des Seeweges überhaupt keine Rolle, ja die Fracht von Ostasien kann z. B. nach Triest teurer sein, als nach dem 8 bis 10 Tagereisen weiteren Hamburg. Die Tonnagebilanz, d. h. das Verhältnis Einfuhr: Ausfuhr ist bei fast allen europäischen Häfen kleiner als 1; bei Antwerpen ist sie $\frac{1}{2}$, d. h. 80 %, bei Venedig sogar nur 16 %. Nur bei Fiume ist sie größer als 1, mit 122 % überwiegt die Einfuhr. Von großer Wichtigkeit sind die Hafengebühren, die für mittlere Dampfer mehrere Tausend Mark täglich betragen. Die Lade- und Löschgebühren ändern sich mit der Art der Waren, mit den Jahreszeiten usw. Erlauben die technischen Einrichtungen eines Hafens schnellere Abfertigung, so lassen sich aber auch höhere Gebühren ertragen. Die Kumulierung aller möglichen Unzuträglichkeiten brachte es mit sich, daß Genua vor dem Kriege der schlechteste Hafen Europas war.

Der wesentlich bestimmende Faktor für die Güte eines Hafens sind heutzutage die Verbindungen, die er mit seinem Hinterland unterhalten kann, und da sind die Häfen besonders im Vorteil, die Massengüter weit landeinwärts auf Binnenwasserstraßen transportieren können. Um mit der Eisenbahn überhaupt konkurrenzfähig zu sein, muß die Binnenschifffahrtsfracht in Deutschland mindestens 15 % billiger sein. Große Schwierigkeiten bereiten die Unterbrechungen des Verkehrs durch Umladungen. In Deutschland betrug 1910 die durchschnittliche Beförderungslänge der Güter in der Binnenschifffahrt 293, bei der Eisenbahn dagegen nur 153 km.

Der Begriff des Hinterlandes ist nicht leicht zu

fassen. Die Entfernung des Hafens von den einzelnen Orten, das kilometrische Hinterland, hat nur geringe praktische Bedeutung, ebenso wie das theoretische Hinterland, für dessen Konstruktion die Beförderungskosten maßgebend sind. Das reelle Hinterland baut sich auf allen möglichen Einflüssen auf und wird durch verschiedenartige, häufig an sich unwesentliche Umstände beeinflusst.

Der Vortragende gab dann an der Hand von Karten, die seiner eben veröffentlichten Arbeit¹⁾ entstammen, Beispiele für die wichtigsten Waren, bezüglich deren Einzelheiten auf das Werk selbst verwiesen werden muß. Die Karten stellen die Verteilung verschiedener Einfuhr- und Ausfuhr Güter auf das Hinterland der einzelnen Seehäfen für das letzte Vorkriegsjahr 1913 dar. Nur wenige Einzelheiten mögen hier herausgegriffen werden:

Für den Import von *Kaffee* sind die Binnenwasserstraßen von großer Bedeutung, weil $\frac{2}{3}$ des über Hamburg eingeführten Kaffees diesen Weg nehmen.

Tabak gelangt nach Sachsen hauptsächlich über Triest, weil die sächsische Zigarettenindustrie türkischen Tabak bevorzugt.

Da *Petroleum* zweckmäßig in Tankschiffen versandt wird, so tritt der Eisenbahntransport zurück, Bremen mußte der Konkurrenz der anderen Häfen weichen. Dagegen beherrscht dieser Hafen den *Baumwoll*-import, weil hier der Eisenbahntransport günstiger ist und billige Ausnahmetarife auf der Eisenbahn existierten. Auch bestanden von jeher alte Beziehungen Bremens zu den Vereinigten Staaten von Amerika, woher 99 % der in Bremen eingeführten Baumwolle stammten, sowie besondere Hafeneinrichtungen für den Baumwollhandel.

Bei der *Wolle* dagegen befindet sich ganz Westdeutschland in Abhängigkeit von Antwerpen, das für die La-Plata-Wolle der größte Weltmarkt ist. Sie eignet sich ganz besonders für den Eisenbahntransport, zumal die Hauptimportzeit in den Winter fällt.

Für *Weizen* ist nur Westdeutschland Importgebiet, wofür Rotterdam, das vorzüglich mit besonderen Löschvorrichtungen (Getreidehebern) ausgerüstet ist, sowie Antwerpen eine hervorragende Rolle als Einfuhrhäfen spielen.

Von Ausfuhr Gütern besprach der Vortragende den *Zucker*, sowie einige Fabrikate von anderer Stellung, wie *Eisenbahnschienen*, *Glas*, *Glaswaren* und *Garne*. Bei ihnen geben die Karten der Rühlschen Arbeit ein buntes Bild, schon aus dem Grunde, weil viel mehr Häfen in Wettbewerb treten als bei der Einfuhr. Denn es kommt bei den Fabrikaten weniger die Billigkeit des Transportes als vielmehr die Schnelligkeit und Pünktlichkeit der Abfertigung in Betracht, so daß sich eine gewisse Unabhängigkeit von den Frachtsätzen im Lande, zugleich aber auch eine Bevorzugung der Binnenschifffahrt bemerkbar macht. Antwerpen hatte seine überragende Stellung für die deutsche Ausfuhr vor allem dem Umstande zu verdanken, daß es jederzeit Gelegenheit hat, Güter aller Art schnell in die ganze Welt hinauszusenden, weil es von vielen Schifffahrtslinien als letzter

Hafen angelaufen wird, und die Schiffe dort im Gegensatz zu anderen Häfen die Erlaubnis haben, so lange zu laden, wie sie noch am Kai liegen. Da für eine rationelle Beladung der Seeschiffe das Verhältnis von Schwer- zu Leichtgut von Wichtigkeit ist, so ist Antwerpen auch in dieser Beziehung günstig gestellt, weil es außer über die deutsche auch über die belgische Ausfuhr verfügt und somit im Gegensatz zu Rotterdam Schwergut wie Leichtgut in beliebigen Mengen zur Verfügung hat.

Es zeigt sich also, daß das Hinterland eines jeden Seehafens nicht nur für Ein- und Ausfuhr, sondern auch für die einzelnen Warengattungen ein sehr verschiedenes ist. Wirtschaftlich am vorteilhaftesten wäre wohl eine immer stärkere Konzentration auf einige wenige Haupthäfen, die über alle modernen Lösch- und Ladeeinrichtungen verfügen.

Am 4. Dezember 1920 hielt Herr Geheimer Oberregierungsrat Dr. W. Busse (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über **Russisch-Turkestan und Buchara**. Das General-Gouvernement Russisch-Turkestan besteht aus den fünf Provinzen Transkaspien (Hauptstadt Aschabad), Samarkand (mit der gleichnamigen Hauptstadt), Ferghana (Hauptstadt Neu-Margelan), Syrdarja (Hauptstadt Taschkent, gleichzeitig auch Hauptstadt des ganzen General-Gouvernements) und Semirjatschensk (Hauptstadt Wjernyi), von denen die letztere geographisch mehr zu Westsibirien gehört und auch von dem Vortragenden nicht besucht wurde. In physischer Beziehung zerfällt Turkestan in zwei Niederungsgebiete, die Aralokaspische Senke und die Siebenstromlandsenke mit dem abflußlosen Balkaschsee, sowie in die Gebirgsländer des Ostens, die fast unvermittelt an die turanische Niederung grenzen, den Systemen des Tarbagatai, Tien-schan, Alai und Pamir angehören und östlich des Jessyk-kul in dem 7300 m hohen Chan-Tengri kulminieren. Während im äußersten Westen, namentlich in dem zwischen Kaspi und Aralsee gelegenen Ust-Urt-Plateau die Fels- und Kieswüste vorherrscht, finden sich in dem Niederungsgebiet südöstlich des Aralsees Sand- und Lehmwüsten. Der größte Strom des ganzen Gebietes, der Amu-darja (Oxus der Hellenen), trennt die beiden größten Wüstengebiete Kara-kum (Schwarzer Sand) mit salzigem Boden im Südwesten von der Kysyl-kum (Roter Sand) in der Mitte. Kulturgeographisch spielt die Lößzone des Ostens im Bereich der Vorberge des Gebirgslandes eine sehr wichtige Rolle. Nördlich des Amu-darja versiegt der Serawschanfluß hinter der Stadt Buchara bei Kara-kul im Sande, an derselben Stelle, wo er schon zur Zeit Alexanders des Großen, also vor 22½ Jahrhunderten sein Ende erreichte. Die Drohung mit der Ablenkung des Serawschanflusses an der Grenze des Chanates Buchara hat dieses Land schon zweimal im Laufe seiner Geschichte gezwungen, sich dem Willen russischer Machthaber zu unterwerfen. Der nördliche Teil des Gebietes gehört dem Stromsystem des Syrdarja (Jaxartes der Hellenen) an.

Nicht nur in Oberflächengestalt und Bodenbeschaffenheit, sondern auch in klimatischer Hinsicht weist Turkestan die größten Gegensätze auf. Das Klima der Niederung mit seinen kurzen strengen Wintern und langen, heißen, regenlosen Sommern zeigt jahreszeitliche Temperaturdifferenzen, die von keinem anderen Gebiet der Erde in gleicher Breitenlage übertroffen werden. Die absoluten Extreme der Lufttemperatur liegen bei 45° und -28°. Unter der starken Bestrahlung steigt die Bodentemperatur der Wüsten im Sommer gelegentlich

¹⁾ Die Nord- und Ostseehäfen im Deutschen Außenhandel. Untersuchungen über das Hinterland der an der deutschen Ein- und Ausfuhr beteiligten Häfen von Alfred Rühl. (Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, Neue Folge, B. Historisch-volkswirtschaftliche Reihe, Heft 3, August 1920.) 95 S., 15 Karten. Berlin, E. S. Mittler & Sohn.

bis 85° an und es gilt nach einer Bauernregel als günstige Vorbedeutung für eine ergiebige Ernte, wenn es schon im Mai gelingt, am selben Tage Eier im heißen Sande dreimal hintereinander hart kochen zu lassen.

Die Pflanzenwelt der Wüsten hat sich solchen Hitze-graden und der damit verbundenen Trockenheit durch Schutzvorrichtungen ihrer Wurzeln angepaßt. Die jährliche Niederschlagsmenge schwankt in der Niederung zwischen 40 und 300 mm, die im Winter und Frühling fallen; in den Gebirgen regnet es hauptsächlich im Frühsommer. Über die Ernten der Oasen entscheidet aber nicht das Sommerwetter hier und dort, sondern die Menge des Winterschnees im Gebirge. Denn, abgesehen von den Gebirgshängen ist jegliche Bodenkultur an *künstliche Bewässerung* gebunden. Ihre höchste Vervollkommnung erreicht die Oasenkultur in der östlichen Lößzone der Provinzen Ferghana und Samarkand, wo die iranische Urbevölkerung schon vor Jahrtausenden Bewässerungssysteme geschaffen hatte, die inzwischen sinnreich und kunstvoll ausgebaut eine höchst intensive Ausnutzung des fruchtbaren Lößbodens ermöglichen¹⁾. Die ältesten Andeutungen über das Bewässerungswesen finden wir schon im zweiten Buch der Avesta. Der äolische (vom Winde abgelagerte) Löß, ein überaus feiner Lehmstaub, enthält ein großes und schwer zu erschöpfendes Kapital von Nährstoffen. Dazu kommt, daß seine Knetbarkeit und die Fähigkeit, schnell wieder zu erhärten, ihn besonders geeignet macht zur Anlage von Bewässerungskanälen; auch die alten Festungswälle und sämtliche Häuser der Eingeborenen sind aus Löß hergestellt. Allerdings beträgt das Oasenkulturland in Turan nur 2 % der gesamten Bodenfläche, in der Provinz Transkaspien sogar nur 2‰.

In dem Gebiet, das Deutschland an Fläche fünfmal übertrifft, wohnen 9,2 Millionen Menschen, davon nur 300 000 Russen, deren kleinere Hälfte (125 000) sich im Siebenstromland konzentriert. Die Hauptmasse der Bevölkerung bilden die Muhammedaner. Die *ansässigen* stellen ein sehr kompliziertes Rassengemisch dar, das die Russen kurzerhand als Sarten zu bezeichnen pflegen. Es müssen jedoch zwei wichtige Typen unterschieden werden, einmal die Tadschiken. Reste der iranischen Urbevölkerung, die sich der persischen Sprache bedienen, und sodann die eingewanderten mongolischen Turkvölker, deren wichtigster Stamm die Usbeken sind, dem auch die großen Eroberer Dschingiskhan und Timur angehört haben. Dazwischen finden sich verschiedenste Mischvölker, darunter die eigentlichen Sarten. Die *nomadisierenden* Einwohner scheiden sich in Turkmenen und Kirgisen; bei letzteren hat man die als reine Nomaden und ausschließlich im Gebirge lebenden Kara-Kirgisen von den Kingis-Kasaken der Steppe zu unterscheiden. In langen Kämpfen, 1865 bis 1884, hat Rußland alle diese Völker unterworfen.

Die Landwirtschaft in den Oasen produziert Getreide (einschließlich Reis), Luzerne, Hülsen- und Ölf Früchte, Baumwolle, Gewürz- und Farbstoffpflanzen. Regional verbreitet sind die Obstkulturen, z. B. Aprikosen und Mandeln in Ferghana, Melonen von vorzüglicher Güte in Buchara, ferner Wein und Rosinen in Samarkand. Da das Land holzarm ist, so müssen bei jeder Ansiedlung zuerst Holzgewächse, meist Pappeln und Akazien, angepflanzt werden. Das Vorkom-

men des Maulbeerbaums in Ferghana ermöglichte eine Seidenkultur, die schon im 8. Jahrhundert vor Chr. Geb. den Hellenen bekannt war. In der Hausindustrie spielen Seiden-, Teppich- und Baumwollweberei, Leder- und Metallarbeiten die Hauptrolle.

In Buchara liefert das Karakuschaf die bekannten Persianer Felle, während das Fettschwanzschaf den Bedarf an Fleisch und tierischem Fette deckt. Die Großindustrie beschränkt sich auf die Gewinnung von Baumwollsamenöl. Durch den Alexanderzug soll die Baumwolle Turkestans (chiton, coton [Kattun]) dem Abendlande bekanntgeworden sein. Unter weitestgehender Förderung der zaristischen Regierung, insbesondere des Generalgouverneurs v. Kaufmann, hat sich der Baumwollbau zu ungeahnter Blüte entwickelt und bildet vielfach den Lebensnerv der gesamten Wirtschaft, besonders in Ferghana. Die Bedingungen für den Baumwollbau, nämlich nährstoffreiche Böden, ausreichende Mengen von Wasser, hohe Lufttemperatur, Lufttrockenheit und Regenlosigkeit während der Zeit der Blüte und Reife und eine im Ackerbau leistungsfähige Bevölkerung, sind hier in seltener Weise vereinigt. Rußland ist der einzige europäische Staat, der 1915, nahe daran war, aus eigenen Besitzungen den Baumwollbedarf seiner Textilindustrie decken zu können. Die stetig wachsende Produktion hatte damals schon 20,3 Millionen Pud erreicht, was nur um 1,7 Millionen hinter dem Gesamtbedarf zurückblieb.

Rußland hat in den letzten Jahrzehnten Außerordentliches für die wirtschaftliche Hebung Turkestans getan. Zwei Hauptbahnlinien, die „Mittelasiatische Bahn“ und die Linie Andischan—Taschkent—Orenburg—Samara erschließen das Gebiet und stellen die Verbindung mit dem Mutterlande her, und eine weitere sehr wichtige Linie Taschkent—Wjerni befindet sich im Bau. Nach den hochfliegenden Plänen des ehemaligen Landwirtschaftsministers Kriwoschein, der das rein wirtschaftliche Ziel der Baumwollproduktion mit dem rein politischen der Russenansiedlung verquickte, sollte das Bewässerungsareal der Oasen durch gewaltige technische Anlagen vergrößert, und das dergestalt gewonnene neue Baumwollland ausschließlich mit Russen besiedelt werden. Nach Kriwoscheins Berechnungen könnten 45 000 qkm Bewässerungsland mit einem Kostenaufwand von 7 Millionen Goldrubel gewonnen werden. Dieses Projekt, gegen das sich schon vor dem Kriege vieles einwenden ließ, wird nunmehr auf lange hinaus unberührt bleiben müssen. Noch weniger als für russische Bauern eignen sich die Turanischen Oasen als Ansiedlungsgebiete für Deutsche.

Alle Städte haben einen russischen und einen Eingeborenen-Stadtteil.

Reich an landschaftlichen Reizen ist namentlich Ferghana, an bemerkenswerten architektonischen Resten aus früheren Geschichtsepochen Samarkand, in dem Alexander der Große und Timur residierten. Einen unverfälscht orientalischen Charakter hat sich Buchara bewahrt.

Der Weltkrieg, vor allem aber der Bolschewismus, haben leider die gesamte blühende Wirtschaft des Landes vernichtet; die Eingeborenen sind religiös und politisch fanatisiert und der Arbeit entfremdet worden. Die noch vorhandene Baumwolle kann aus Mangel an Transportmitteln nicht ausgeführt werden, die Kulturen gehen zugrunde und die Aprikosen verfaulen an den Bäumen. Die Zukunft Turkestans ist in tiefstes Dunkel gehüllt.

O. B.

¹⁾ Vgl. darüber: W. Busse, *Bewässerungswirtschaft in Turan*. Jena, G. Fischer, 1915.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. G. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 3. (Seite 41—56)

21. Januar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Chlorpikrin als Schädlingsbekämpfungsmittel in seinen Wirkungen auf Tier und Pflanze. Von *Joh. Wille, Berlin-Dahlem*. (Mit 4 Abbildungen.) S. 41.

Über die Anwendung der Fehlerrechnung auf die Untersuchung morphologischer Unregelmäßigkeiten. Von *Reinhold Fürth, Prag*. (Mit 3 Abbildungen.) S. 48.

Besprechungen:

Lewin, Kurt, Die Verwandtschaftsbegriffe in Biologie und Physik und die Darstellung vollständiger Stammbäume. Von *Hans Reichenbach, Stuttgart*. S. 51.

Niemann, G., und H. L. Honigmann, Zoologisches Wörterbuch. Von *W. May, Karlsruhe*. S. 51.

Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Chemie. Dritte Auflage. Von *R. J. Meyer, Berlin*. S. 51.

Niggli, Lehrbuch der Mineralogie. Von *A. Johnsen, Frankfurt a. M.* S. 52.

Deutsche Geologische Gesellschaft:

Die Entstehung der deutschen Kupferschiefererze. S. 52.

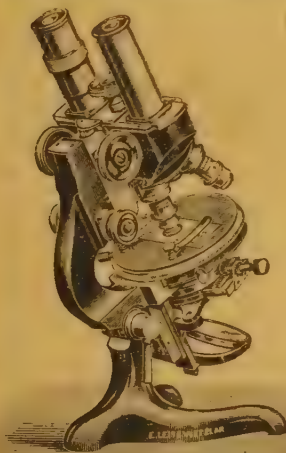
Untersuchungen über den kritischen Zustand. Von *Hermann Rassow, Berlin*. S. 52.

Geographische Mitteilungen. S. 54—56.

Die syrische Wüste, ein verödetes Kulturgebiet. Die Strömungen des Bosphorus. Eine Besteigung des Stromboli. Forschungsexpedition in Deutsch-Ostafrika.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und
Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Plücker, Bonn a. Rh., Coblener Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6950—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Schutz gegen die

Grippe

u. andere Ansteckungen von
Mund und Rachen aus (Hals-
entzündung, Diphtherie,
Scharlach usw.) durch
Sauerstoffdesinfektion mittels

Perhydrit-
Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen
des Mundes und zum Gurgeln.

Packungen mit 10, 25
und 50 Stück in den
Apotheken und Drogerien.

(223 I)

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang } Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Berlin } Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Verlag Theodor Fisher, Freiburg i. Br.

Der Besenginster.

Bau, Lebenserscheinungen
Verbreitung und Nutzen von
Sarrhamnus scoparius (L.) Koch, insbesondere seine Be-
deutung für die Textilindustrie und Ödlandkultur, nebst
einem Anhang über den Besenginster Spartium junceum L.,
von Dr. E. Ulbrich. 125 Seiten. Lexikon-Oktav. Mit
18 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Preis M. 16.—.
(232)

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer,
Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wasser-
mann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter,
Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. zur Er-
leichterung der Anschaffung
gegen bequeme Monats- oder Quartals-
raten von (225 III)

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

21. Januar 1921.

Heft 3.

Chlorpikrin als Schädlingsbekämpfungsmittel in seinen Wirkungen auf Tier und Pflanze.

Von Johannes Wille, Berlin-Dahlem.

Über Chlorpikrin, seine Anwendung und Einführung in die Schädlingsbekämpfung findet sich in der italienischen, französischen und in der letzten Zeit auch in der deutschen Literatur eine Reihe von Arbeiten, über die ein gemeinsamer Überblick im folgenden gegeben werden soll.

Bereits während des Krieges trat auf deutscher Seite der Gedanke auf, die Gaskampfstoffe für den friedlichen Zweck der Schädlingsbekämpfung anzuwenden, und deshalb wurden schon im Kriege im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem, Abt. Prof. Flury, mit den verschiedensten Kampfstoffen Versuche angestellt, die nach Kriegsende weiter fortgesetzt wurden. Sie ergaben, „daß es eine Reihe von chemischen Stoffen gibt, die in ihrer Wirkung auf Insekten der Blausäure entweder sehr nahe stehen oder dieselbe übertreffen“ (Flury, 15). Besonders mit Chlorpikrin hatte man hier gute Erfolge erzielt. Später als in Deutschland, ging man auch in Frankreich dazu über, die im Kriege gewonnenen Erfahrungen mit Gaskampfstoffen auf Friedenszwecke umzustellen. Besonders Gabriel Bertrand hat hier zahlreiche Versuche ausgeführt und, wie seine und seiner Mitarbeiter Veröffentlichungen erkennen lassen, gute Erfolge erzielt. Seine Arbeiten erstrecken sich ausschließlich auf die Anwendung des Chlorpikrins, und es wird dieser Stoff in seiner Wirkung nach den verschiedensten Richtungen hin erprobt. In Italien hat Piutti mit seinen Mitarbeitern bereits seit 1917, also vor den Franzosen, mit Chlorpikrin in der Schädlingsbekämpfung Versuche angestellt und Erfolge zu verzeichnen gehabt.

Zunächst sei ein kurzer Überblick über den Stoff und seine chemischen und physikalischen Eigenschaften gegeben. Das Chlorpikrin, CCl_3NO_2 (Trichlornitromethan) ist eine hellgelbliche, leicht bewegliche Flüssigkeit, die durch Einwirkung von Chlor auf Pikrinsäure oder deren Abfallprodukte gewonnen wird. Es wurde 1848 von Stenhouse entdeckt. Die Dichte des technischen Produktes beträgt bei 0°C 1,692, nach Bertrand bei $+16^\circ \text{C}$ 1,666. Der Siedepunkt liegt bei $+113^\circ \text{C}$, der Gefrierpunkt bei $-69,2^\circ \text{C}$ (760 mm Druck). Der Dampfdruck ist

hoch, nach Bertrand beträgt er bei $+15^\circ \text{C}$ 30,2 mm Hg, nach den Messungen des Kaiser-Wilhelm-Institutes bei $+20,5^\circ \text{C}$ 33,3 mm Hg. Das Chlorpikrin ist nicht brennbar, nicht explosionsbeständig, aber gut wasserbeständig. In Wasser ist es fast unlöslich, nur Spuren lösen sich in Wasser; die Angabe Bertrands, daß 1,65 g Chlorpikrin in 1 Liter Wasser bei $+18^\circ \text{C}$ sich lösen, fand ich nicht bestätigt. Metalle werden vom flüssigen und dampfförmigen Chlorpikrin nur angegriffen, wenn sie feucht sind; sind sie dagegen trocken, so wirkt das Chlorpikrin bei beschränkter Zeitdauer (24 Stunden) nicht schädigend auf sie ein. Ebenfalls werden Farben und Gewebe durch Chlorpikrindämpfe nicht schädigend beeinflusst. Bei Überhitzen des Chlorpikrindampfes tritt Zersetzung in Phosgen und Nitrosylchlorid ein. Auf den nicht durch Gasmaske geschützten Beobachter wirkt das gasförmige Chlorpikrin bei schwacher Konzentration durch starke Augenreizung, ferner treten Nasen-, Rachen-, Brust- und Hustenreiz auf. Bei allerstärkster Verdünnung hat das Chlorpikringas einen schwach bitteren Geruch. Es ist also bereits in ganz schwachen Konzentrationen bemerkbar und daher viel sicherer festzustellen als die bedeutend gefährlichere Blausäure. Als völlig ausreichender Schutz beim Arbeiten mit Chlorpikrin hat sich die deutsche Ledergasmaske mit dem A-Einsatz bewährt. Das Einatmen des Chlorpikrindampfes in starker Konzentration ist schwer gesundheitsschädigend, daraus erklärt sich ja die Anwendung des Stoffes als Kampfgas. Im verfloßenen Kriege haben besonders unsere französischen Gegner in großem Maßstabe das Chlorpikrin als Kampfstoff verwendet.

Die Wirkung des Chlorpikrins wurde bisher erprobt in der Tierwelt an Katzen, Ratten, Mäusen, Insekten, Milben, Infusorien und Amöben und aus der Pflanzenwelt an höheren Pflanzen, Ascomyceten und Hefepilzen. Diese Ergebnisse sollen im einzelnen betrachtet werden.

Die Lösungen von Chlorpikrin in Wasser (s. o.) sind nach Bertrand (1) für Infusorien (Paramaecium und Vorticella) und für Amöben gleichmäßig giftig. Die Zeit, die zum Abtöten der Tiere notwendig ist, wird nicht angegeben. Diese Eigenschaft des Chlorpikrins veranlaßt Bertrand zu dem Vorschlag, den Stoff zur Sterilisation anzuwenden.

Am eingehendsten und in großem Umfange

wurde die Einwirkung des Chlorpikrins auf Insekten, insbesondere auf Schadinsekten studiert. So verwendet *Bertrand* (1) als Versuchstiere die Raupen von Lepidopteren (Weinbergzünzler [*Pyralis*], Traubenwickler [*Eudemis-Polychrosis*], Ringelspinner [*Gastropacha neustria*]), die Larven von Hymenopteren (Pappelblattwespe) und die Blattläuse vom japanischen Spindelbaum (*Evonymus japonicus* L.). Bei diesen Tieren wurde folgende Versuchsanordnung angewendet: In eine Flasche von 1 oder 2 Liter Inhalt wurde das flüssige Chlorpikrin mit Pipette tropfenweise eingeführt und durch Schütteln der Glasflasche eine gleichmäßige Verteilung des verdampfenden Stoffes erzielt. Nach einer Viertelstunde wurden die Versuchstiere in die Flasche gebracht, entweder frei oder in Gazebeuteln oder auf Blättern. Durch einen durch den Flaschenhals durchführenden Faden wurde es ermöglicht, die Versuchstiere in verschiedener Höhe in der Glasflasche den Chlorpikrindämpfen auszusetzen. Bei die-

von 10, von 30 und von 60 Minuten und einer Dosierung von „quelques milligrammes pro litre“ zeigte sich das Chlorpikrin genau so giftig wie Blausäure und bedeutend giftiger als alle anderen zum Vergleich herangezogenen Stoffe. Infolgedessen wird ein Ersatz der geprüften Substanzen untereinander entsprechend den jedesmal vorliegenden Bedingungen als möglich und wünschenswert bezeichnet.

Außer diesen für Wein-, Garten- und Landwirtschaft wichtigen Insekten wurden hygienisch und volkswirtschaftlich wichtige Schädlinge in ihrem Verhalten dem Chlorpikrin gegenüber geprüft. Die Bekämpfung der Bettwanzen (*Cimex lectularius* L.) hat eine außerordentlich große Bedeutung (vgl. *A. Hase*, Die Bettwanze, Monogr. zur angew. Entomol. Nr. 1, Berlin 1917). *Bertrand*, *Brocq-Rousseau* und *Dassonville* (3) wandten das Chlorpikrin zur Vernichtung dieser Plagegeister des Menschen an. Die Laboratoriumsversuche zeigten, daß es gelang, mit zunehmender Konzentration und abnehmenden Wirkungszeiten (Habersches *c · t*-Produkt!) die Wanzen abzutöten. Aus den maximalen Konzentrations- und mittleren Zeitwerten der französischen Autoren wurde zur schnelleren Orientierung von mir folgende Kurve zusammengestellt, die die zur Abtötung nötigen jeweiligen Werte angibt (Fig. 1).

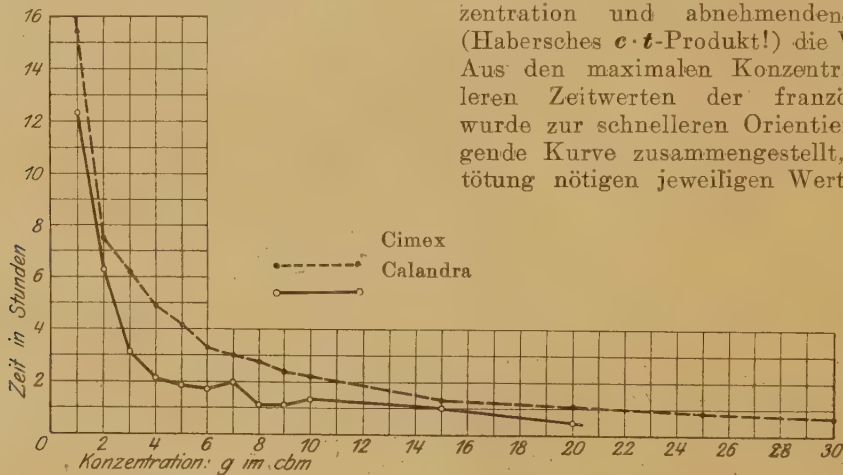


Fig. 1. Die zusammengehörigen Konzentrations- und Zeitwerte zur Bekämpfung der Bettwanze (*Cimex*) und des Kornkäfers (*Calandra*) durch Chlorpikrin.

sen Versuchen zeigte sich, daß eine Gaskonzentration von 0,01 bis 0,02 g im Liter bei einer Wirkungszeit von 5 bis 10 Minuten ausreichte, um die Tiere unmittelbar oder nach einigen Stunden zu töten. Eine noch geringere Konzentration schädigte die Larven derart, daß sie zu fressen aufhörten, ihre Kraft verloren und schließlich in 24 bis 48 Stunden nach der Durchgasung starben. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wird die Einführung des Chlorpikrins als Räucher- oder Spritzmittel gegen die Schadinsekten der Kulturpflanzen empfohlen.

An den gleichen Versuchstieren (Raupen einer Eulenart wurden noch mituntersucht) wurden von *Bertrand* und *Rosenblatt* (2) vergleichende Untersuchungen mit Äther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Tetrachlorkohlenstoff, Monochloraceton, Brombenzyl, Chlorpikrin, Cyanwasserstoff angestellt. Bei einer Versuchsdauer

Die auf Grund dieser Laboratoriumsversuche angestellten praktischen Durchgasungen ergaben vollen Erfolg: ein verwanztes Soldatenbett wurde 12 Stunden lang einer Konzentration von 100 g in einem Raum von 10 cbm Inhalt ausgesetzt, nachdem die Decken und die Matratzen hochgehoben und besonders gelagert waren. Ebenso wurde in einem Raum von 75 cbm mit 8 verwanzten Betten eine Konzentration von 10 g im Kubikmeter entwickelt. In beiden Versuchen waren sämtliche Wanzen abgetötet; es zeigte sich, daß bei Beginn der Durchgasung die meisten Tiere die Betten und ihre sonstigen Schlupfwinkel verließen und dann tot am Boden unter den Betten lagen. Nach diesen Ergebnissen genügt also für die Praxis eine Konzentration von 4 bis 10 g im Kubikmeter. Es wird allerdings nicht mitgeteilt, ob auch die Eier abgetötet wurden. Es scheint, als ob die französischen Autoren

bei der Abtötung der Wanzen Eier unter den angegebenen Versuchsbedingungen einen Mißerfolg gehabt haben, denn es wird von ihnen eine nochmalige Behandlung mit Chlorpikrin ungefähr zwei Wochen nach der ersten Durchgasung empfohlen, um eine radikale Vernichtung der Wanzen zu erreichen. Unsere Versuche mit Wanzen Eiern (Wille, 24) zeigten, daß zur Abtötung der Eier eine Konzentration von 10 ccm im Kubikmeter bei zweistündiger Gaswirkung ausreicht.

Neben diesem hygienisch wichtigen Problem der Wanzenbekämpfung war es vom landwirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Standpunkt von außerordentlichem Interesse, die Wirkung des Chlorpikrins auf unseren gefürchtetsten Getreideschädling, den Kornkäfer (*Calandra granaria* L.) zu prüfen, zumal da alle bisherigen Bekämpfungsmethoden gegen diesen Vernichter unserer Vorräte mehr oder weniger wirkungs-

führten eine Abtötung des Käfers in Maiskörnern derart durch, daß sie auf jeden der von *Calandra* befallenen Maissäcke 20 bis 25 g Chlorpikrin ausschütteten. Die Säcke befanden sich in einem praktisch gasdichten Raum; die Einwirkungszeit betrug bei $+10^{\circ}$ bis $+12^{\circ}$ C 20 Stunden. So gelang es, alle Käfer zu töten. Auch zeigte sich, ähnlich wie bei den Wanzen, daß fast alle *Calandra* bei der Chlorpikrindurchgasung aus dem befallenen Mais auswanderten, so daß sie leicht durch eine Fegemühle von den Körnern abgesondert werden konnten. Die Maiskörner wurden zur Tierfütterung verwendet.

Bei diesen Versuchen hatte man bemerkt, daß äußere Einflüsse, wie Temperatur, Wassergehalt

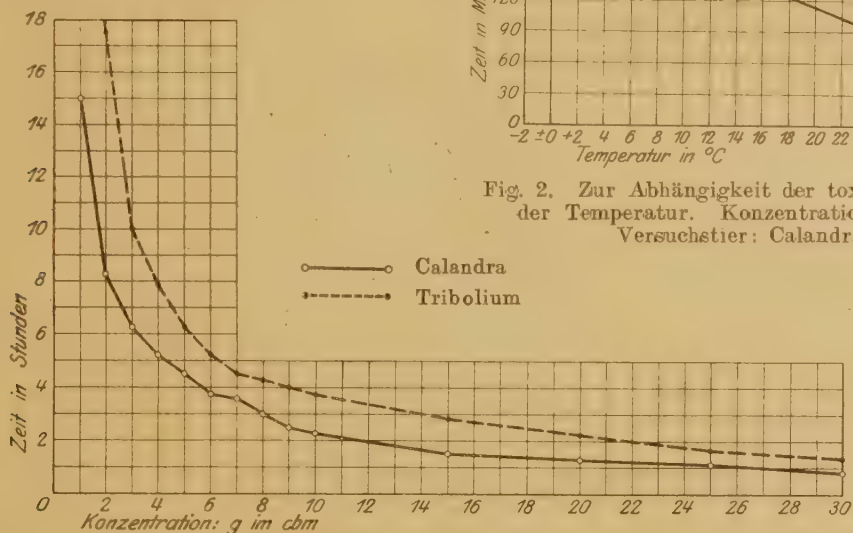


Fig. 3. Zur vergleichenden Untersuchung über die Wirkung des Chlorpikrins auf *Calandra* und *Tribolium navale*.

los gewesen waren (vgl. hierüber meine näheren Ausführungen: Wille, 24). Bertrand, Brocq-Roussin und Dassonville (5) verwandten als Versuchstier den dem Kornkäfer nahe verwandten und biologisch sich ganz ähnlich verhaltenden Reiskäfer (*Calandra oryzae* L.). Zunächst wurden Versuche mit isolierten Tieren in einer 8 l fassenden Glasflasche bei einer Temperatur von $+20^{\circ}$ bis $+27^{\circ}$ C angestellt. Die Kurve zeigt die mittleren Zeit- und maximalen Konzentrationswerte, bei denen der Tod des Tieres jeweils erreicht wurde (Fig. 1). In die Praxis übertragen, zeigte sich jedoch, daß es nötig war, höhere Konzentrationen anzuwenden „pour tuer les charançons contenus dans les grains que pour tuer les charançons libres“. Einmal ist der Käfer durch die Körnerlage geschützt, und ferner hält diese (durch Ab- oder Adsorption) Teile der Giftgase fest. Bertrand und seine Mitarbeiter

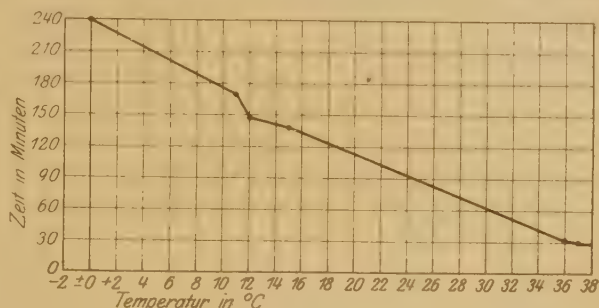


Fig. 2. Zur Abhängigkeit der toxischen Wirkung von der Temperatur. Konzentration: 20 g im cbm. Versuchstier: *Calandra oryzae*.

der Luft und Beleuchtung die Wirkung des Chlorpikrins auf die Tiere scheinbar beeinflussen. Die drei genannten französischen Autoren (6) stellten daher über diese Einflüsse vergleichende Untersuchungen an. Als Versuchstiere dienten wieder hauptsächlich *Calandra*. Eine Beeinflussung durch den hygrometrischen Zustand der Luft und durch das Licht wurde nicht festgestellt. Wohl aber hatte die Temperatur einen außerordentlichen Einfluß auf die insektizide Wirkung des Chlorpikrins. Bei allen Konzentrationen (1 g bis 30 g im Kubikmeter) ließ sich eine Beschleunigung der Chlorpikrinwirkung mit der Erhöhung der Temperatur feststellen. Mit der Konzentration von 20 g im Kubikmeter wurde bei 6 Temperaturstufen die mittlere tödliche Zeit ermittelt. Die Übertragung der Werte in Kurvenform gibt Fig. 2. Bertrand setzt diese Beziehung zwischen

Temperatur und toxischer Wirkung in Vergleich zu der Abhängigkeit der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur: „La courbe qui exprime la vitesse d'action de la chloropierine en fonction de la température est, du moins dans sa partie moyenne, la même que dans les cas des réactions chimiques, réactions qui sont régies, comme on le sait, par la loi de van't Hoff et d'Arrhénius.“ Als praktisches Ergebnis ist festzustellen, daß es vorteilhaft ist, die Temperatur in Räumen, wo man das Chlörpikrin zur Abtötung von Insekten anwenden will, zu erhöhen. — In der weiteren Verfolgung der Versuche mit *Calandra* wurden von *Bertrand*, *Brocq-Rousseau* und *Dassonville* (7) vergleichende Untersuchungen über die Wirkung des Chlörpikrins auf *Calandra* und *Tribolium navale* Fabr. (= *Tr. ferrugineum* Fabr.) angestellt. Der letztere Käfer, als isoliertes Tier behandelt, erwies sich als bedeutend widerstandsfähiger als der Kornkäfer. Überträgt man die tabellarischen Ergebnisse der Abtötungszeiten und -konzentrationen von *Tribolium* und *Calandra* in Kurven, so werden die Unterschiede besonders deutlich (Fig. 3). Es gelang ferner bei Laboratoriumsversuchen unter einer 8 Liter fassenden Glasglocke, in der sich 6 Liter Mais, mit *Calandra* und *Tribolium* infiziert, befanden, bei den Konzentrationen von 25 und 30 g im Kubikmeter nach 24 Stunden sämtliche Kornkäfer, aber nur 50 % *Tribolium* abzutöten. Erst nach 60 Stunden Einwirkungszeit dieser Konzentrationen starben auch sämtliche *Tribolium*. Der Tod des letzteren Schädlings ließ sich auch mit der Konzentration 40 g im Kubikmeter und 48 Stunden Durchgasungszeit herbeiführen. Bei einem praktischen Versuch bewährte sich die oben bei *Calandra* angegebene Methode: auf die Maissäcke wurde das Chlörpikrin unmittelbar aufgegossen. Eine Wirkungszeit von mindestens 24 Stunden war zur Vernichtung der *Tribolium*-käfer bei diesen Versuchen notwendig.

Der Bekämpfung des Kornkäfers und anderer Getreideparasiten mit Chlörpikrin hatten sich bereits vor den Franzosen die Italiener zugewandt. *Piutti* und *Bernardini* (20, 21) hatten seit 1917 Chlörpikrinversuche angestellt und dazu verwendet: *Calandra granaria*, *Tenebrioides mauritanicus*, *Laemophloeus ferrugineus* und von Schmetterlingsraupen: *Tinea granella*, *Sitotroga cerealella*, *Plodia americana*. Nach Laboratoriumsversuchen unter einer Glasglocke wurden praktische Großversuche mit Getreidetonnen, die sich in einem Getreidegewölbe befanden, ausgeführt. Sämtliche behandelte Versuchstiere gingen bei einer Konzentration von 20 ccm im Kubikmeter und einer Einwirkungszeit von einer Woche (Temperatur +15° bis +20° C) zugrunde. Auch die italienischen Autoren erkannten, daß eine Steigerung der Wirksamkeit bei zunehmender Temperatur stattfindet. Bemerkenswert ist ferner die Feststellung, daß die Backfähigkeit und der Nährwert der behandelten Getreide- und Mehl-

proben nicht ungünstig beeinflusst, wohl aber die Keimkraft des Getreides um 30 % verringert war. Das italienische Ministerium für Landwirtschaft hat auf Grund dieser günstigen Ergebnisse seit Januar 1919 eine Studienkommission zur Prüfung der Chlörpikrinanwendung in der Schädlingsbekämpfung ernannt und mit den interessierten industriellen Kreisen über die Einführung der Chlörpikrinmethode Fühlung genommen.

Versuche mit Chlörpikrin zur Kornkäferbekämpfung wurden schließlich auch von deutscher Seite unternommen. Hier sind die Arbeiten von *Burkhardt* (13) und mir (23, 24) zu nennen. *Burkhardt* brachte bei seinen Laboratoriumsversuchen die Kornkäfer entweder frei in einem Gazebeutel oder in einem mit Getreidekörnern 12 cm hoch über den Versuchstieren gefüllten Glaszylinder unter eine 55 Liter fassende Glasglocke und stellte als Mindestwerte für eine Abtötung sämtlicher Kornkäfer eine Konzentration von 4 g auf 1 cbm und eine Wirkungszeit von 24 Stunden fest. Betrug jedoch die Getreideschicht 32 cm, so mußte *Burkhardt* die Konzentration auf 8 g im Kubikmeter und die Wirkungszeit auf 48 Stunden erhöhen, um die Versuchstiere abzutöten. Auf Grund dieser Laboratoriumsversuche wurden Chlörpikrindurchgasungen in der Praxis ausgeführt, die aber nicht das gewünschte Ergebnis hatten. Daß dieser Mißerfolg nicht dem Chlörpikrin, sondern der nicht einwandfreien Versuchsanordnung zuzuschreiben ist, habe ich zu beweisen versucht (23). Meine mit Chlörpikrin im Kampf gegen den Kornkäfer angestellten Versuche (24) zeigten, daß im Laboratoriumsversuch sämtliche Kornkäfer bei einer Konzentration von 30 ccm im Kubikmeter und einer sechsstündigen Wirkungszeit abgetötet wurden, daß aber in tiefen Kornhaufen und im körnergefüllten Säcken eine Dosierung von 40 ccm im Kubikmeter und eine 22 stündige Durchgasungszeit zur restlosen Abtötung der Schädlinge nötig ist, da starke Ab- und Adsorption des Chlörpikrins in Getreideschichten auftritt (s. o.). Auch die vor kurzem von mir und *Hase* durchgeführten Versuche bei einer Durchgasung eines Zimmers mit Chlörpikrin ergaben, daß diese Zeit- und Konzentrationswerte völlig ausreichen, um *Calandra* in einen Zentner fassenden Getreidesäcken restlos abzutöten. Was die von mir ermittelten Resultate bei anderen Schadinsekten (Schaben, Wanzen, Mehlkäfer, Mehlmotten, Ringelspinner- und Kiefernspinner-raupen) anlangt, so verweise ich auf meine ausführliche Arbeit (24), die auch über die angewandte Methode eingehende Mitteilungen enthält. Eine Verminderung der Keimkraft des behandelten Getreides, andererseits aber die Erhaltung der Backfähigkeit durchgaster Mehl- und Getreideproben konnte ich ebenso wie *Piutti* feststellen.

Eine weitere Anwendung fand das Chlörpikrin

bei der Bekämpfung lästiger Hausinsekten, nämlich der Termiten (*Feytaud*, 14). Die Laboratoriumsversuche zeigten, daß die Termiten (*Leukotermes lucifugus* Rossi) bei $+15^{\circ}\text{C}$ mit einer Dosierung von 20 mg in 1 Liter Luft bei 2 Stunden Wirkungszeit und bei $+20^{\circ}\text{C}$ mit einer Konzentration von 16 mg in 1 Liter Luft nach 3 Stunden sämtlich abgetötet wurden. Ferner stellte sich heraus, daß bereits bedeutend geringere Konzentrationen bei verlängerter Wirkungszeit die Termiten derartig schädigen, daß sie einige Zeit nach der Durchgasung eingehen. Von den praktischen Versuchen sei die Durchgasung einer Villa (Erdgeschoß und zwei Stockwerke) mit Chlorpikrin erwähnt. Nach Abdichtung mittels Papierverklebung wurde eine Dosierung von 15 g im Kubikmeter und eine 16 stündige Durchgasungszeit gewählt. Der Erfolg war ein vollkommener.

deren Dichtigkeit nicht geschädigt wird, 5. keine zerstörende Wirkung auf die Gewebe des Halskragens wie bei SO_2 und 6. eine größere Sicherheit gegenüber den Pferden, da es sich zeigte, daß eine Einatmung von Chlorpikrin unverhältnismäßig weniger gefährlich ist als von SO_2 . Auch zur Einreibung des Kopfes, der ja bei der Durchgasung außerhalb der Gaszelle bleibt, hat sich eine Chlorpikrinsalbe (200 g Vaseline und 2,5 g Chlorpikrin) bewährt. Nach Ansicht der französischen Autoren würde also die Einführung des Chlorpikrins an Stelle der schwefligen Säure einen bedeutenden Fortschritt bedeuten.

Von großer praktischer Bedeutung war schließlich noch die Bekämpfung der Ratten, die einmal der Volkswirtschaft bedeutenden Schaden durch Fraß und Zerstörung gestapelter Vorräte aller Art zufügen, andererseits für die Volksgesundheit als Krankheitsüberträger (besonders Pest durch die Rattenflöhe) eine ständige Gefahr bilden. *Bertrand* und *Brocq-Rousseu* (8) stellten Untersuchungen mit der Wanderratte (*Mus decu-*

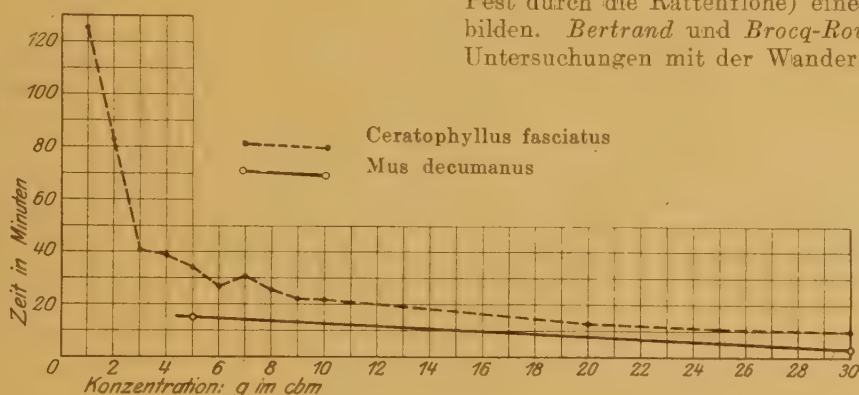


Fig. 4. Zur Abtötung der Ratten und der Rattenflöhe.

Die gerade Linie soll anzeigen, daß bei der Konzentration von 5 bis 30 g im cbm die tödliche Zeit zwischen 3 bis 15 Minuten schwankte, wobei eine unmittelbare Abhängigkeit von der Konzentration nicht zu erkennen war.

Zum Ersatz eines bereits erprobten und äußerst wirksamen Bekämpfungsmittels, nämlich der schwefligen Säure, wurde das Chlorpikrin in der Pferderäudebekämpfung von *Bertrand* und *Dassonville* (4) herangezogen. Die bestehenden Einrichtungen der Schwefligsäuremethode (Gaszelle, gasdichtschließender Halskragen usw.) werden beibehalten; das Chlorpikrin wird in die Gaszelle hinein mit kleiner Spritze zerstäubt. Als Konzentration erwies sich 20 g auf das Kubikmeter und als Durchgasungsdauer eine halbe Stunde ausreichend. Mit zweimaliger Durchgasung konnten alle Tiere geheilt werden. Die Vorteile des Chlorpikrinverfahrens (der Name „chlörpikrieration“ wird vorgeschlagen) sind folgende: 1. mindestens ebenso wirksam wie SO_2 -Methode, 2. Wirkungszeit nur eine halbe Stunde gegen zwei Stunden bei SO_2 -Methode, wodurch die Tagesleistung einer Räudebekämpfungsanstalt erheblich gesteigert wird, 3. Unabhängigkeit von den speziellen, zur SO_2 -Erzeugung nötigen Nebenapparaten, 4. Vermeiden einer Druckerhöhung im Innern der Gaszelle, wodurch

manus Pallas) und den auf dieser parasitierenden Flöhen (*Ceratophyllus fasciatus* Bosc.) an. Proportional der ansteigenden Dosierung des Chlorpikrins starben die Ratten in kürzer werdenden Zeiten (Fig. 4). Die Rattenflöhe waren noch empfindlicher als ihre Wirte, jedoch war die tödliche Zeit nicht unmittelbar abhängig von der Konzentration. Sie verließen fast augenblicklich das Fell der Ratten, sobald diese in die Chlorpikrindämpfe gebracht wurden. Eine Verwendung des Chlorpikrins zur Rattenvernichtung auf Schiffen wird deshalb empfohlen. *Piutti* und *Bernardini* (20, 22) haben ebenfalls diese Seite der Chlorpikrinanwendung in den Kreis ihrer Untersuchungen gezogen und vor den Franzosen Versuche nach dieser Richtung hin angestellt. In Übertragung ihrer Ergebnisse in die Praxis wurden zwei Schiffe von 800 und 1075 cbm Schiffsraum „entratet“. Bei diesen Versuchen wurde ein verzinntes Eisengefaß mit dem Chlorpikrin auf das Schiffsverdeck gestellt, und aus diesem Gefäß tropfte das flüssige Chlorpikrin durch Schläuche in das Schiffsinnere auf Watte,

wo es dann verdampfte. Verwandt wurden 1,5 kg \approx rund 900 ccm Chlorpikrin. Die Wirkungszeit betrug 2 Stunden 30 Minuten. Auf diese Weise gelang es, sämtliche Ratten und natürlich auch alle Flöhe abzutöten.

Kurz erwähnt seien schließlich noch die Zahlenwerte, die bei Tierversuchen während des Krieges im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie für Mäuse und Katzen gefunden wurden. Bei Mäusen liegt die „Tödlichkeitszahl“ zwischen 1500 und 4500. Unter dieser „Tödlichkeitszahl“ ist das Habersche *c.t.*-Produkt zu verstehen, d. h. die Gaskonzentration, ausgedrückt in cbmm pro cbm, multipliziert mit der Einwirkungszeit in Minuten. Nehmen wir also den Mittelwert der Tödlichkeitszahl 3000 an, so heißt das, daß eine Konzentration von 1000 cbmm/cbm (oder 1 ccm/cbm) bei einer Einwirkungszeit von 3 Minuten, oder etwa eine Konzentration von 2000 cbmm/cbm bei einer Einwirkung von 1½ Minuten auf die Versuchsmäuse tödlich wirkte. Bei Katzen hat die Tödlichkeitszahl den Wert von ungefähr 1000.

Damit ist ein Überblick gegeben über die bisher vorliegenden Ergebnisse der Wirkung des Chlorpikrins auf tierische Organismen. Für die praktische Anwendung des Chlorpikrins als Schädlingsbekämpfungsmittel ist es aber von besonderer Bedeutung, die Wirkungen des Stoffes auch auf Pflanzen zu prüfen. In einer vergleichenden Untersuchung über die Wirkung von Chlor und von verschiedenen Gasen auf die Vegetation fanden als erste *Guérin* und *Lormand* (16), daß grüne Pflanzen, wenn man sie 1 oder 2 Stunden einer Konzentration von 1 Teil gasförmigen Chlorpikrins auf 2000 Teile Luft aussetzt, der Wirkung des Gasstoffes widerstehen. Allerdings verlieren die Pflanzen unter den Erscheinungen der Plasmolyse ihre Blätter, aber bald treiben sie neue Blätter aus und die Pflanzen erholen sich wieder völlig und vollenden ihre normale Vegetationsperiode. Die Versuche der genannten Autoren wurden durch *Bertrand* (9) fortgesetzt und erweitert. Er verwandte zu seinen Untersuchungen: Birnbaum, Ulme, Pappel, Flieger, Weinstock, Spindelbaum (*Evonymus japonicus* L.), Kirschchlorbeer, Hafer, Kohl, Klee, Steinklee, Waldmeister u. a. Die Methode war folgende: abgeschnittene beblätterte Zweige wurden mit ihren unteren Enden in Flaschen mit Wasser gesteckt und bei Dunkelheit während 10 bis 30 Minuten der Einwirkung einer Chlorpikrinatmosphäre (Konzentrationen von 1 bis 200 g im cbm) bei einer Temperatur von +15° bis +20° C ausgesetzt. Entsprechend den verschiedenen Konzentrationen war auch die Wirkung verschieden. Bei sehr starken Dosen starben die Blätter schnell ab, behielten aber wie hart fixiert ihre eigentliche Form bei. Bei mittleren Konzentrationen (10 bis 30 g im cbm) trat starke Plasmolyse auf, nach

Tröpfchenabsonderung verfärbten sich die Blätter ins Rötliche und Braune, wie bei Herbstfärbung, trockneten ein und fielen ab. Bei schwachen Dosierungen endlich war die Plasmolyse noch milder und langsamer fortschreitend; sie hatte dann Ähnlichkeit mit den Erscheinungen der Kälte Wirkung, denen stets Abfallen der Blätter folgte. Bei der Plasmolyse wurden Geruchsstoffe frei; so trat bei Kirschchlorbeer Bittermandelgeruch und Blausäure und bei Versuchen mit Waldmeister Geruch von Heu und Kumarin auf. Junge Blätter und Knospen waren weniger empfindlich gegenüber der Chlorpikrinwirkung als ältere Blätter, so daß also zuerst immer die alten Blätter abfielen, später erst nach der Zweigspitze zu die nächstfolgenden. Bei mittleren Dosen blieben die Knospen erhalten und trieben nach einiger Zeit wieder aus. Auch unsere Versuche mit höheren Pflanzen (*Wille*, 24) hatten ähnliche Ergebnisse. Als für die Praxis besonders wichtiges Ergebnis war hier festzustellen, daß behandelte Zweige unserer Obstbäume und -sträucher wie Apfel, Birne, Stachelbeere, Johannisbeere u. a. nach 2 bis 4 Wochen ausschlugen, indem entweder die bereits angelegten Knospen trieben, oder neue Blattknospen angelegt wurden. Damit wäre also eine Möglichkeit gegeben, Parasiten, besonders bei der Winterbekämpfung, abzutöten, ohne die Pflanzen selbst zu schädigen.

Bertrand (10) hat weiter einen Einblick zu gewinnen versucht in die Bedingungen, welche die Chlorpikrinwirkung auf Pflanzen beeinflussen könnten. Es zeigte sich, daß man jedesmal gleiche Wirkungen erzielt mit der Konzentration von 30 g im cbm in 20 Min., wie bei der Konzentration von 20 g im cbm in 30 Min., oder von 10 g im cbm in 10 Min., wie bei der Konzentration von 5 g im cbm in 20 Min., oder von 4 g im cbm in 10 Min., wie bei der Konzentration von 2 g im cbm in 20 Minuten.

Hierin spricht sich also die Beziehung aus, die wir oben bereits bei dem Begriff der „Tödlichkeitszahl“ bei Tieren erläutert haben. Das *c.t.*-Produkt *Habers* hat also auch bei Pflanzen volle Gültigkeit. *Bertrands* Versuche mit verschiedenen Temperaturen bei Chlorpikrinanwendung auf Pflanzen zeigten deutlich eine zunehmende Wirkung mit ansteigender Temperatur. Die Unterschiede waren aber nicht so klar zu erkennen, wie die oben mitgeteilten Versuche bei Kornkäfern. Eine Beeinflussung der Chlorpikrinwirkung durch das Licht bzw. durch Dunkelheit und durch Feuchtigkeit der Pflanzen oder der Luft war bei den *Bertrandschen* Versuchen nicht festzustellen.

Neben höheren Pflanzen wurde die Wirkung des Chlorpikrins auch auf pilzliche Organismen studiert. *Matruchot* und *Sée* (19) ließen auf Mikrosiphonien (*Mucor*), Hyphomyceten (*Penicillium*, *Amblyosporium*, *Hypomyces*, *Botrytes*) und Ascomyceten (*Chaetomium*) gesättigte Chlorpikrindämpfe einwirken und konnten mit einer

achtstündigen Wirkungszeit sämtliche Pilze abtöten. Bei einer Konzentration von 0,1 g im Liter und einer 48-stündigen Einwirkung waren ebenfalls alle Pilze mit Ausnahme von *Amblyosporium* abgetötet. Aus diesen Versuchen wird geschlossen, daß man mit Chlörpikrin eine Desinfektion verschlossener Behälter ausführen kann, wobei eine 8-stündige Einwirkung gesättigter Chlörpikrindämpfe ausreichen dürfte. Zu erwähnen wären in diesem Zusammenhang unsere an den Brandsporen des Weizens (*Tilletia laevis*) ausgeführten Versuche (24). Es ergab sich, daß die Brandsporen nach einer 20-stündigen Durchgasung mit einer Konzentration von 30 cem im ebm in ihrer Keimkraft deutlich gemindert waren.

Schließlich wurden auch die gärende Hefe und die Kahlhefe des Weins in ihrem Verhalten gegenüber Chlörpikrin geprüft. *Bertrand* und *Rosenblatt* (11) haben gezeigt, daß bereits 1 mg Chlörpikrin in 1 Liter Most die Gärung verlangsamt und 5 bis 6 mg sie gänzlich anhält. Die Hefezellen werden bei dieser Konzentration zunächst nicht abgetötet, sondern sie verlieren ihre Fortpflanzungsfähigkeit und sterben erst nach sehr verlängerter Wirkungszeit. Zum Abtöten innerhalb 24 Stunden bei einer Temperatur von +27° muß eine Konzentration von 30 bis 40 mg im Liter angewandt werden. Die Kahlhefe war noch empfindlicher als die gärende Weinhefe: 2 mg Chlörpikrin im Liter Rotwein hielt während einer 6-wöchigen Beobachtungszeit die Entwicklung der Kahlhefe völlig zurück.

Damit hätten wir einen umfassenden Überblick gewonnen über die bisher vorliegenden Versuche und Ergebnisse der Chlörpikrinwirkung auf tierische und pflanzliche Organismen. Bisher hat man stets diese Wirkung als solche hingenommen, ohne näher zu definieren, welche physiologischen Prozesse den Tod oder die Schädigung des mit Chlörpikrin behandelten Organismus herbeiführen. *Bertrand* und *Rosenblatt* (12) haben den Versuch gemacht, in dieser Frage Klarheit zu schaffen, indem sie vermuteten, daß durch das Chlörpikrin eine unmittelbare Wirkung auf die Fermente ausgelöst würde, und daß durch eine definitive oder vorübergehende Aufhebung der fermentativen Reaktionen das Leben zum Stillstand gebracht würde. Auf Grund dieser Überlegung arbeiteten sie mit einer Reihe verschiedener Fermente („sucrase de la levure, sucrase de *Aspergillus niger*, amygdalinase, uréase, catalase de foie de veau, catalase de panne de porc, zymase, laccase de l'arbre, tyrosinase“), indem sie eine Lösung dieser Stoffe in Wasser und eine in chlörpikrinesättigtem Wasser verglichen. Auf die mehr oder weniger komplizierte Methodik der Versuche kann hier nicht eingegangen werden. Es zeigte sich bei allen Versuchen, daß Chlörpikrin nur eine schwach hemmende Wirkung auf

die löslichen Fermente besitzt. Daraus ziehen *Bertrand* und *Rosenblatt* den Schluß, daß in anderen Erscheinungen die Erklärung der hohen Giftigkeit des Chlörpikrins für lebende Zellen zu suchen ist.

Wenn also auch diese Frage noch der Beantwortung harret, so können wir zusammenfassend sagen, daß wir bei den geschilderten Wirkungen auf Tiere und Pflanzen im Chlörpikrin einen Stoff haben, der die besten Aussichten bietet, für bestimmte Zwecke ein ausgezeichnetes Bekämpfungsmittel zu werden. Ergänzend seien noch zwei Arbeiten von *Heller* (17, 18) erwähnt, die auf Grund referatenartiger Mitteilungen auf die Verwendung des Chlörpikrins als Schädlingbekämpfungsmittel hinweisen.

Zum Schluß sollen sämtliche Arbeiten, die sich mit der Chlörpikrinfrage beschäftigen und die mir bekannt geworden sind, aufgezählt werden:

1. *Bertrand, Gabriel*, Sur la haute toxicité de la chloropierine vis-à-vis de certains animaux inférieurs et sur la possibilité d'emploi de cette substance comme parasiticide. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 168, Nr. 14, S. 742—44, 1919.
2. *Bertrand, Gabriel* et *Mme Rosenblatt*, Action toxique comparée de quelques substances volatiles sur divers insectes. Compt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 168, Nr. 18, S. 911—913, 1919.
3. *Bertrand, G., Brocq-Rousseau* et *Dassonville*, Destruction de la Punaise des lits (*Cimex lectularius* Mer.) par la chloropierine. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 169, Nr. 9, S. 441—443, 1919.
4. *Bertrand, G.,* et *Dassonville*, Sur le traitement de la gale des Equidés par les vapeurs de chloropierine. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 169, Nr. 10, S. 486—489, 1919.
5. *Bertrand, G., Brocq-Rousseau* et *Dassonville*, Destruction du Charançon par la chloropierine. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 169, Nr. 21, S. 880—882, 1919.
6. *Bertrand, G., Brocq-Rousseau* et *Dassonville*, Influence de la température et d'autres agents physiques sur le pouvoir insecticide de la chloropierine. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 169, Nr. 22, S. 1059—1061, 1919.
7. *Bertrand, G., Brocq-Rousseau* et *Dassonville*, Action comparée de la chloropierine sur le charançon et sur le tribolium. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences. T. 169, Nr. 26, S. 1428 bis 1430, 1919.
8. *Bertrand, G.,* et *Brocq-Rousseau*, Sur la dératissage par la chloropierine. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences. Bd. 170, Nr. 6, S. 345—347, 1920.
9. *Bertrand, G.*, Action de la chloropierine sur les plantes supérieures. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. 170, Nr. 14, S. 858—860, 1920.
10. *Bertrand, G.*, Des conditions qui peuvent modifier l'activité de la chloropierine vis-à-vis des plantes supérieures. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 170, S. 952—954, 1920.
11. *Bertrand, G.,* et *Mme. Rosenblatt*, Action de la chloropierine sur la levure et sur la fleur du vin. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. 170, S. 1350—1352, 1920.
12. *Bertrand, G.,* et *Mme. Rosenblatt*, La Chloropierine agit-elle sur les ferments solubles? Cpt. rend.

- hebdom. des séances de l'acad. des sciences T. 171, Nr. 2, S. 137—139, 1920.
13. Burkhardt, F., Erfahrungen mit dem Chlorpikrin als Mittel zur Bekämpfung tierischer Schädlinge (Mitteilung der Abt. für Schädlingsbekämpfung am zool. Inst. der Landwirtschaftl. Hochschule, Berlin). Deutsche Landwirtschaftliche Presse, 47. Jahrg., Nr. 64, 11. Aug. 1920.
 14. Feytaud, J., Sur la destruction des termites par la chloropierine. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. 171, Nr. 8, S. 440—442, 1920.
 15. Flury, F., Die Tätigkeit des Kaiser-Wilhelm-Institutes für physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin-Dahlem im Dienste der Schädlingsbekämpfung. Verh. der deutsch. Ges. f. angew. Entomologie, S. 61—75, 1919.
 16. Guérin, P., et Lormand, Ch., Action du chlor et de diverses vapeurs sur les végétaux. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. 170, S. 401—403, 1920.
 17. Heller, Hans, Ein neues Insektenvertilgungsmittel. Naturwissenschaftl. Wochenschrift, N. F. 18. Bd., Nr. 30, S. 425—426, 1919.
 18. Heller, Hans, Zur chemischen Schädlingsbekämpfung. Zeitschr. f. angew. Chemie, 33. Jahrg. 1920, S. 157.
 19. Matruchot, Louis et Pierre Sée, Action de la chloropierine sur des moisissures diverses. Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. Bd. 83, Nr. 7, S. 170—171, 1920.
 20. Piutti, A., Sur l'action de la chloropierine sur les parasites du blé et sur les rats. Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. 170, Nr. 14, S. 854—856, 1920.
 21. Piutti, Arnaldo, et L. Bernardini, Sopra l'azione della chloropierina (trichloronitrometano) sui parassiti del grano. Rend. della R. acad. di Scienze fisiche et matematiche di Napoli 3. serie, vol. 23, S. 5, 7. avril 1917.
 22. Piutti, A., et L. Bernardini, Sulla derattizzazione nei trasporti navali mediante la chloropierina. Rend. R. Acad. Sc. fis. mat. di Napoli, 3. ser., vol. 24, S. 16, 2. mars 1918.
 23. Wille, J., Zur Chlorpikrinfrage bei Schädlingsbekämpfung. Deutsche Landwirtschaftl. Presse, 47. Jahrg., Nr. 82, 13. Okt. 1920.
 24. Wille, J., Chlorpikrin in der Schädlingsbekämpfung, insbesondere im Kampf gegen den Kornkäfer (*Calandra granaria* L.). Zeitschr. f. angew. Entomol. Bd. VII, Heft 2, 1920.

Über die Anwendung der Fehlerrechnung auf die Untersuchung morphologischer Unregelmäßigkeiten.

Von Reinhold Fürth, Prag.

1. Hat man eine größere Anzahl von biologisch definierten Individuen eines und desselben Typus, so wird man finden, daß sie untereinander, was ihre Dimensionen usw. betrifft, nicht genau gleich sind, sondern gewisse Schwankungen dieser Größen aufweisen, die sich um einen bestimmten Mittelwert gruppieren. Berechnet man nach statistischen Prinzipien die Häufigkeiten der verschiedenen Abweichungen von dem Normaltypus, so wird man in der Regel finden, daß sie dem sogenannten Gaußschen Fehlergesetz entsprechen, welches Gesetz die Häufigkeit y des Auftretens eines gewissen Meßfehlers x gemäß folgender Formel festlegt:

$$y = a \cdot e^{-bx^2} \dots \dots \dots (1)$$

worin a und b zwei Konstanten bezeichnen, von denen die erste unmittelbar mit der Gesamtanzahl der Individuen zusammenhängt, die zweite die „Streuung“ der Fehler um den Mittelwert mißt.

Statistische Untersuchungen der bezeichneten Art sind in neuerer Zeit, namentlich bei der Untersuchung von Vererbungsproblemen, so oft und mit so gutem Erfolge durchgeführt worden, daß man ihre Resultate wohl als allgemein bekannt ansehen kann. Es liegt nun der Gedanke nahe, ob sich die Formel nicht auch dann bewährt, wenn sie nicht auf eine Schar ähnlicher Individuen, sondern auf gewisse morphologische Unregelmäßigkeiten am Einzelindividuum angewendet wird. Ich möchte im folgenden zwei Proben, welche diese Vermutung zu bestätigen scheinen, hier wiedergeben, da sie eine, wie mir scheint, bisher noch nicht verwendete Methodik beinhalten.

2. Das erste Beispiel ist der Osteologie entnommen und betrifft den Charakter der unregelmäßig zickzackförmig verlaufenden Nähte des menschlichen Schädels, deren Bild ja jedem bekannt ist, und bei deren Betrachtung ich zuerst unmittelbar auf das oben skizzierte Problem gedrängt wurde. Faßt man die Kurve der Schädelnähte als durch irgendwelche, z. B. Wachstumsunregelmäßigkeiten bedingte Verfälschung der glatten Linien auf, durch die man diese Kurven „ausgleichen“ kann, so fragt es sich, ob die Häufigkeit der Abweichungen y von dieser Ausgleichskurve mit deren Größe x nach dem Gaußschen Fehlergesetz zusammenhängt.

Die Untersuchung wurde so ausgeführt, daß auf einen Schädel zunächst die glatten Ausgleichskurven für die fünf in Betracht kommenden Nähte aufgezeichnet wurden und links und rechts von diesen in Abständen von je 1 mm voneinander eine Anzahl von Parallelen. Um ein Maß für die Größe y zu finden, wurde nun abgezählt, wie häufig die Nahtkurve durch jede dieser Linien geschnitten wird. Z. B. gibt die Anzahl der Schnittpunkte mit der von der Mittellinie um 1 mm nach rechts abstehenden Linie die „Häufigkeit“ der Abweichung der wahren Nahtkurve von der Mitte um 1 mm usw. Die so erhaltenen Zahlen wurden nun für alle untersuchten Nähte addiert, und da im Mittel offenbar Abweichungen nach rechts ebensooft vorkommen müssen als nach links, zur Vergrößerung der Statistik jeweils auch die Werte von y , die gleichem Absolutbetrag von x entsprachen, addiert. Da hierbei offenbar der Wert $y(0)$ zu kurz kommt, muß man diesen außerdem noch mit zwei multiplizieren.

Die folgende Tabelle 1 gibt in der ersten Spalte die x in Millimetern, in der zweiten Spalte die beobachtete Anzahl aller zu diesem x gehörigen Schnittpunkte y (beob.) wieder. Um sich zunächst zu überzeugen, ob die Formel (1) erfüllt

sein kann, trägt man sich am besten in einem Koordinatensystem als Abszissen x und als Ordinaten $\log y$ auf; dann müssen die beobachteten Punkte bei Gültigkeit von (1) auf einer Geraden liegen. Fig. 1 zeigt in der Tat, daß diese Forderung mit ziemlicher Präzision erfüllt ist.

Tabelle 1.

x	y (beob.)	y (ber.)	Δ	Δ^2	$y - \frac{y^2}{\Sigma y}$
0	328	316,0	12,0	144,0	220
1	284	285,7	1,7	2,89	207,3
2	197	211,2	14,2	201,64	168,4
3	127	127,5	0,5	0,25	111,9
4	74	62,9	11,1	123,21	59,1
5	30	25,4	4,6	21,16	24,8
6	10	8,4	1,6	2,56	8,3
7	3	2,2	0,8	0,64	2,2
8	2	0,5	1,5	2,25	0,5
9	1	0,1	0,9	0,81	0,1
	1056	1040		499,41	802,6

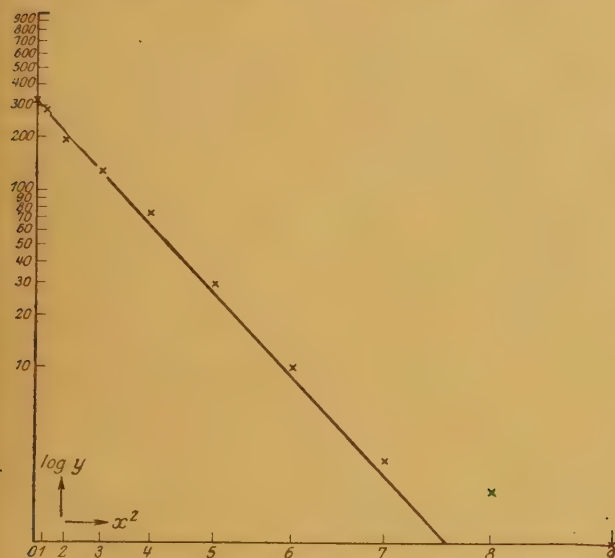


Fig. 1.

Um nun den Grad der Genauigkeit dieser Übereinstimmung zu erhalten, gehen wir so vor, daß wir nach der Methode der kleinsten Quadrate jene Werte von a und b zu ermitteln suchen, welche die beste Annäherung an das Gesetz (1) ergeben. Auf diese Weise erhalten wir folgende Werte für die Konstanten:

$$a = 316, b = 0,10088.$$

Rechnet man mit diesen Werten die y nach Formel (1) aus, so erhält man die Zahlen der dritten Spalte von Tab. 1, die, wie man sieht, mit den beobachteten sehr gut übereinstimmen. Um sich nun zu überzeugen, ob die in der vierten Spalte eingetragenen Abweichungen zwischen Beobachtung und Experiment, die zulässige Größe nicht überschreiten, bilden wir uns aus diesen Werten den Ausdruck $\Sigma \Delta^2$, dessen Quadratwurzel den

wahren Fehler gegenüber der theoretischen Formel anzeigt. Dieser ergibt sich zu $F = 22,4$.

Nun ist nach bekannten Sätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung das zu erwartende mittlere Fehlerquadrat gegenüber den theoretischen y gegeben durch den Ausdruck $y - \frac{y^2}{\Sigma y}$, dessen

Werte in der 6. Spalte von Tab. 1 eingetragen sind und, wie man sieht, der Größenordnung nach mit Δ^2 übereinstimmen. Bildet man auch hiervon die Summe, so ist der mittlere zu erwartende Fehler durch deren Quadratwurzel gegeben. Da der „wahrscheinlichste“ Fehler $\frac{2}{3}$ des letzteren ist, ergibt sich für diesen endlich $F_{10} = 18,9$, was mit F ausgezeichnet übereinstimmt, womit erwiesen ist, daß auch die Abweichungen vom Gesetz (1) die theoretisch zu erwartende Größe nicht überschreiten.

3. Ich suchte nun auch nach einem analog zu behandelnden Falle im Pflanzenreiche und fand diesen in den Kutikularnähten der Kelchblätter in den Blütenknospen des Epheu, die in der Tat auf den ersten Blick ganz denselben Eindruck hervorrufen, wie die osteologischen Schädelnähte¹⁾.

Die mit dem Mikrotom in 2μ dicken Schichten geschnittenen und mit Fuchsin gefärbten Präparate ließen die Nähte unter dem Mikroskop sehr gut sehen. Die Beobachtung erfolgte mit folgender Optik: Zeiß-Objektiv: Homogene Immersion $1/7''$, N. A. = 0,9, Okular 2, Vergrößerung 430-fach lin., die Aufzeichnung mittels eines Abbeschen Zeichenapparates. Von allen hergestellten Präparaten erwiesen sich 10 als gut reproduzierbar, von denen eines als Beispiel in Fig. 2 abgebildet ist.

Zwecks Auswertung der Fehlerstreuung wurde nun wieder so vorgegangen, daß von jedem Verzweigungspunkte zweier Nähte gerade Linien so gezogen wurden, daß sie die Unregelmäßigkeiten der Nähte möglichst „ausgleichen“, wie aus Fig. 2 ersichtlich. Der weitere Vorgang war dem oben beschriebenen analog.

Als ich nun daran ging, die Resultate der Zählung an sämtlichen Nähten graphisch nach Art der Fig. 1 darzustellen, zeigte sich, daß systematische Abweichungen von dem geradlinigen Verlauf auftraten, in dem Sinne, daß die größten Werte von x im Verhältnis zu den kleineren häufiger auftreten, als nach Formel (1) zu erwarten wäre. Der Grund für diese Abnormalität liegt nun darin, daß es ja völlig willkürlich war, die Nahtkurven durch Gerade auszugleichen, während im allgemeinen die Ausgleichskurven wohl krummlinig verlaufen werden. Da nun das Feh-

¹⁾ Ich verdanke dies dem Hinweise des Herrn Priv.-Doz. Dr. K. Boresch, Assistenten am pflanzenphysiologischen Institut der Prager deutschen Universität, durch dessen Vermittlung und tätige Mithilfe ich die durch Herrn F. Mainx, Assistenten am selben Institute, hergestellten Präparate zur Verfügung gestellt erhielt. Beiden Herren möchte ich für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen.

lergesetz nur dann zutrifft, wenn man die Fehler vom arithmetischen Mittel aller beobachteten Werte als Mittelwert aus rechnet, so ist es klar, daß jede falsche „Ausgleichskurve“ die großen Fehler zuungunsten der kleinen Fehler auszeichnet, was eben jene beobachteten systematischen Abweichungen vom Fehlergesetz vortäuschen muß. Um nun diese Fehler zu vermeiden, ist es notwendig, alle jene Nähte von vornherein auszuscheiden, bei denen die Ausgleichsgerade nicht den besagten Mittelwert bildet, d. h. bei denen die Verteilung der Abweichungen um diesen Mittelwert nach rechts und links unsymmetrisch ist.

Bezeichnen wir die Summe aller y -Werte rechts von der Ausgleichsgeraden mit Y_r und die analogen links mit Y_s , so ist, wie man sich leicht aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung über-



Fig. 2.

zeugen kann, das zu erwartende mittlere Fehlerquadrat

$$(\overline{Y_r - Y_s})^2 = \frac{Y_r + Y_s}{2}.$$

Lassen wir, wie es in der Statistik üblich ist, noch Werte des wahren Fehlers als „wahrscheinlich“ zu, die etwa dreimal so groß sind als der mittlere Fehler, so folgt für das wahre Fehlerquadrat die Ungleichung

$$|(Y_r - Y_s)|^2 \leq 5(Y_r + Y_s). \quad (2)$$

Es wurden nun alle jene Nähte von der weiteren Bearbeitung ausgeschieden, bei denen die Ungleichung (2) nicht erfüllt war; es blieben so 30 Nähte mit insgesamt 2010 Schnittpunkten übrig, die nun in gleicher Weise wie oben in Tabelle 2 zusammengefaßt sind. Die graphische Darstellung findet sich in Fig. 3. Man sieht, daß jetzt mit Ausnahme des Punktes $x=0$ alle Punkte sehr gut auf einer geraden Linie liegen. Die letztere Abweichung hingegen scheint systematischer Natur zu sein, d. h. die Nähte schneiden die Ausgleichsgerade zu oft.

Tabelle 2.

x	y (beob.)	y (ber.)	Δ	Δ^2	$y - \frac{y^2}{\Sigma y}$
0	616	501,7			
1	468	466,3	1,7	2,9	351
2	381	374,4	6,6	43,6	300
3	241	259,7	18,7	349,7	224
4	161	155,6	5,4	29,2	143
5	89	80,5	8,5	72,2	77
6	34	36,0	2,0	4,0	35
7	19	13,0	5,1	26,0	14
8	1	4,7	3,7	13,7	5
9	0	1,3	1,3	1,7	1
	2010	1894,1		543,0	1150

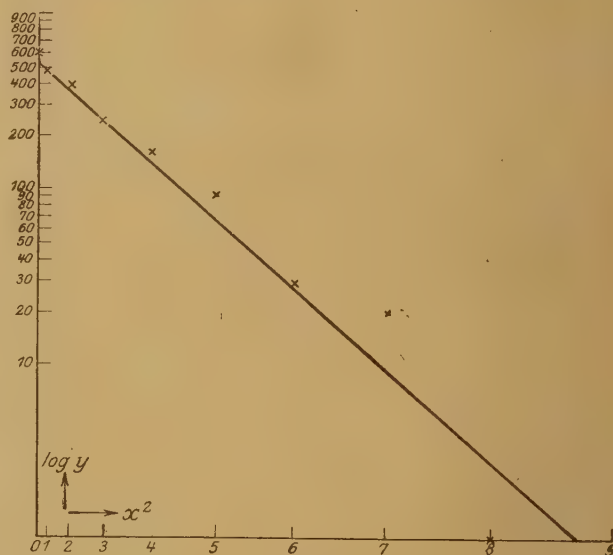


Fig. 3.

Lassen wir zunächst diese Unregelmäßigkeit außer acht, d. h. behandeln wir die Zahlen genau so, wie im vorigen Beispiel mit Weglassung des Wertes $x=0$, so erhalten wir für die Konstanten:

$$a = 501,7, \quad b = 0,07318,$$

aus denen die y (ber.) in Tabelle 2 berechnet worden sind. Die Fehlerabschätzung ergibt wie oben für den wahren Fehler $F = 23,3$, für den berechneten wahrscheinlichsten Fehler $F_{10} = 22,6$, also wieder in ausgezeichnete Übereinstimmung.

Aus Fig. 3 ist ganz auffallend ersichtlich, wie der Punkt $x=0$ aus der nach den Zahlenangaben der y (ber.) gezeichneten Geraden herausfällt. Es ist möglich, daß diese Abweichung auf die Deformation beim Zerschneiden des Präparates mit dem Mikrotom zurückzuführen ist, welcher Umstand sich besonders bei den kleinen Werten von x als systematischer Fehler äußern müßte. Auf jeden Fall sieht man, daß auch in diesem Beispiel das Gaußsche Gesetz die Beobachtungen mit großer Annäherung wiedergibt.

Diese beiden Beispiele werden genügen, um das statistische Prinzip, um das es sich hier handelt, zu erläutern und vielleicht zu Anwendungen auf ähnliche morphologische Probleme anzuregen, bei denen es sich darum handelt, ob eine Struktur den Charakter des „Zufälligen“ besitzt oder nicht.

Besprechungen.

Lewin, Kurt, Die Verwandtschaftsbegriffe in Biologie und Physik und die Darstellung vollständiger Stammbäume. Abhandlungen zur theoretischen Biologie, herausgegeben von Dr. Julius Schaezel. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1920. Preis geh. M. 7,—.

Die Wendung zur Philosophie, die man in allen positiven Wissenschaften seit einiger Zeit beobachten kann, hat ihren Grund in den Problemstellungen, vor die die fortschreitende Entwicklung die Wissenschaften geführt hat; sie darf nicht verwechselt werden mit dem Bedürfnis zur metaphysischen Spekulation, wie wir sie in der Naturphilosophie von Hückel und von Ostwald vor uns sahen. „Nicht weil er ungeduldig der Einzelforschung vorauseilend mit unzulänglichen Mitteln ein allumfassendes Systemgebäude aus reinen Begriffen konstruieren möchte, kommt der Biologe zur Philosophie, sondern aus dem Bedürfnis der empirischen Forschung heraus, wenn nicht zu endgültigen Erkenntnissen, so doch wenigstens zu in sich klaren, begrifflich eindeutigen Formulierungen zu kommen. . . Nicht also das Bedürfnis nach phantasievoller Spekulation, sondern eher die Abkehr von ihr und das Streben nach Solidität, Klarheit und Stetigkeit der wissenschaftlichen Einzelforschung hat der Biologie ein geschärftes Gefühl für die Unsicherheit ihrer begrifflichen Fundamente gegeben.“ In diesen Worten charakterisiert Lewin die Gedankenrichtung, der seine Schrift angehört. Er sieht in der Ausführung der geforderten begrifflichen Durchmusterung die Aufgabe einer besonderen philosophischen Disziplin, der „vergleichenden Wissenschaftslehre“. Vergleichend soll diese Lehre sein, weil erst die Gegenüberstellung der Grundbegriffe der einzelnen Wissenschaften zu ihrer vollen inhaltlichen Abgrenzung führt; aber es dürfen dabei nicht beliebige Begriffe miteinander verglichen werden, sondern nur „wissenschaftstheoretisch äquivalente“ Begriffe. Als ein Beispiel für die Durchführung solcher Wissenschaftskritik darf Lewins Analyse des Verwandtschaftsbegriffs aufgefaßt werden. Sie entstammt einem größeren Werk: „Der Begriff der Genese in Physik, Biologie und Entwicklungsge-schichte“, das der Verfasser noch nicht veröffentlichen konnte, und das eine ausführliche und umfassende Anwendung der Wissenschaftslehre geben will.

Lewin unterscheidet Verwandtschaft als „Eigenschaftsbeziehung“ und als „Existentialbeziehung“. In der Physik (dieser Name umfaßt die Chemie mit) tritt nur der erste dieser beiden Begriffe auf, und zwar wieder in zwei Bedeutungen, als Vereinigungsfähigkeit (ohemische Affinität) und Eigenschaftsähnlichkeit (Ähnlichkeit im periodischen System der Elemente). Diese zwei Bedeutungen besagen bekanntlich nicht dasselbe. In der Biologie ist die Verwandtschaft als Eigenschaftsbeziehung ebenso vertreten, wenn auch der Umstand, daß die Physik schon viel weiter von der beschreibenden zur erklärenden Wissenschaft fortgeschritten ist, an der Systematik deutlich wird.

In der Biologie tritt ferner noch die (dem ursprünglichen Wortsinn entsprechende) Form der Existentialbeziehung hinzu; die Eigenschaft „blutsverwand“ besagt, daß die betr. Individuen derselben oder sich schneidenden genetischen Reihen angehören. Daß diese zweite Begriffsform in der Physik fehlt, wirft ein interessantes Licht auf die Unterschiede dieser Wissenschaften. Trotzdem gibt es auch in der Physik genetische Reihen; die Existenz jedes materiellen Dinges in der Zeit, die Weltlinie eines materiellen Punktes ist eine solche Reihe. Leider gibt die kurze Abhandlung keinen durchgeführten Vergleich der Reihentypen in Physik und Biologie; der Verfasser verweist hier auf sein größeres Werk. Aber die Andeutungen, die auf S. 21—22 gegeben werden, verraten eine der Mengentheorie verwandte erfreuliche Schärfe der Formulierung und erwecken den Wunsch, daß auch die größere Untersuchung bald der Öffentlichkeit zugänglich werden möge. Reichenbach, Stuttgart.

Niemann, G., und H. L. Honigmann, Zoologisches Wörterbuch. Sprachliche und sachliche Erklärung der wissenschaftlichen Namen und Fachausdrücke unter Berücksichtigung der Anatomie des Menschen. Osterwieck-Harz, A. W. Zickfeldt, 1919. 8°. IV, 221 S. Preis M. 12,65 + Teuerungszuschlag.

Das vorliegende Wörterbuch soll eine Ergänzung der zoologischen Lehrbücher sein, die von der Lehrerschaft zur Vorbereitung auf die Mittelschullehrerprüfung vorzugsweise benutzt werden. Es will den Lehrern ein Helfer bei der Vorbereitung auf die Prüfung sein, indem es ihnen zeigt, daß die Fachausdrücke und Namen keineswegs bloße Vokabeln sind, sondern einen tatsächlichen Inhalt besitzen, der das Charakteristische eines Tieres, eines physiologischen Vorganges oder anatomischer Verhältnisse oft trefflich kennzeichnet. Auch den Studierenden der Zoologie, die aus Realanstalten hervorgegangen sind, sowie den Damen, die Biologie zur Oberlehrerinnenprüfung studieren, soll das Buch gute Dienste leisten. Was die Stoffauswahl anbetrifft, so haben sich die Bearbeiter hinsichtlich der Zoologie an die Lehr- und Handbücher von Claus-Grobbe, Hertwig, Boas, v. Hanstein, Reichenow und Trouessart, hinsichtlich der menschlichen Anatomie an die Werke von Broesike und v. Bardeleben angeschlossen. Der etymologischen Erläuterung der Tiernamen sind eine kurze Charakteristik der Gattungen und Arten sowie einige Hinweise auf die geographische Verbreitung der Tiere beigelegt worden. Eine größere Anzahl von Stichproben, die ich machte, fiel durchweg befriedigend aus und ergab mir die Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit des Buches, das auch dem Fortgeschrittenen als Repetitorium und allen Naturfreunden beim Lesen naturwissenschaftlicher Zeitschriften empfohlen werden kann. W. May, Karlsruhe.

Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Chemie. Dritte Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1920. XX, 744 S., 122 Abbildungen und 7 farbige Spektraltafeln. Preis geh. M. 24,—, geb. M. 32,—.

Nach kurzer Frist habe ich die Freude, die dritte Auflage des Hofmannschen Lehrbuches anzuzeigen, dessen große Vorzüge ich bereits beim Erscheinen der beiden vorhergehenden Auflagen eingehend gewürdigt habe¹⁾. Die Tatsache dieses ganz außerordentlichen Erfolges eines Lehrbuches von etwa 48 Druckbogen Umfang in einer wirtschaftlich so bedrängten Zeit

¹⁾ Naturwissenschaften 6 (1918), 658; 8 (1920), 155.

beweist am besten, in wie hohem Maße der Verfasser es verstanden hat, insbesondere dem Bedürfnis der Studierenden gerecht zu werden, deren Vorliebe für dieses neue Buch ein erfreuliches Zeichen für das in den Kreisen der studierenden Jugend bestehende Streben nach Aneignung gründlicher und vertiefter Kenntnisse bildet.

Die neue Auflage ist nicht wesentlich von der vorhergehenden verschieden; hingewiesen sei nur auf die Vervollkommnung des Abschnittes über den Bau der Atome und das Wesen der Materie, der dem Stande der neuesten Forschung entsprechend umgestaltet wurde.

Vielleicht darf ich noch eine neue Anregung anfügen: Beim Durchsehen des Buches hatte ich den Eindruck, daß die *Kolloidchemie* nicht ganz die Behandlung gefunden hat, die ihr heute kraft ihrer Bedeutung im Forschungs- und Lehrgebäude der Chemie zukommt. Sie wird nur gelegentlich, z. B. bei Besprechung der Kieselsäure und der Metalle, kurz behandelt; vielleicht empfiehlt es sich aber, die Grundbegriffe dieser so wichtigen Lehre in einem besonderen Abschnitt zusammenfassend etwas eingehender und systematischer darzulegen, als es bisher geschehen ist.

R. J. Meyer, Berlin.

Niggli, Lehrbuch der Mineralogie. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1920. 694 S. und 560 Textfiguren. Preis geb. M. 80,—; geb. M. 92,50.

Ein erfreuliches Werk, das dem Hochschullehrer mindestens ebensoviel zu denken gibt wie dem Studierenden; ein Buch, das Chemiker, Physiker und Geologen mit dem gleichen Nutzen zur Hand nehmen werden wie der Mineraloge.

Nicht nur die Darstellung der Einzelheiten, sondern schon der Aufbau des Ganzen wirkt durchaus original. Die übliche Zweiteilung der mineralogischen Lehrbücher in einen „allgemeinen“ grundlegenden und methodischen sowie in einen „speziellen“, „systematischen“ oder „physiographischen“ Abschnitt ist vermieden; vielmehr behandeln die Hauptteile einerseits die Kristallographie (Kristallmorphologie, -physik und -chemie) und andererseits die Mineralentstehung einschließlich Paragenese, Gesteinsbildung und künstliche Synthese. In die Erörterung der Minerogenese und Petrogenese sind physiographische Beschreibungen zahlreicher Mineralarten eingeflochten, worüber am Schlusse des Werkes ein besonderes alphabetisches Mineralnamenverzeichnis und Fundortsregister den Leser gut orientieren. Der kristallographische Abschnitt steht ganz im Zeichen der Strukturlehre, indem der atomistische, periodische Aufbau der Kristalle als das Primäre, die Form und das physikalische Verhalten als das Sekundäre betrachtet werden.

Viele Originalfiguren und Tabellen veranschaulichen und erläutern den Text. Überall sieht man die neuesten Forschungen berücksichtigt, und ein Literaturanhang unterrichtet über die für die Hauptkapitel maßgebenden Spezialwerke sowie über die bedeutendsten Fachzeitschriften des Inlandes und Auslandes.

Möchten recht viele die Vorzüge des Nigglishen Buches erfassen und verwerten.

A. Johnsen, Frankfurt a. M.

Deutsche Geologische Gesellschaft.

In der Sitzung vom 8. Dezember 1920 sprach Herr **Beyschlag** über Die Entstehung der deutschen Kupferschiefererze. Er ging nach einleitenden Bemerkun-

gen aus von einer kritischen Untersuchung und Deutung der Unterlage des Kupferschiefers. Besonders das Weißliegende im Mansfeldischen wurde eingehend besprochen und sowohl der Ansicht von *Weiß* entgegengetreten, der darin eine schwache Vertretung des Zechsteinkonglomerates sah, wie auch der Auffassung von *Walther* und seinen Schülern, die in dem Weißliegenden fossile Dünen sehen. Die vergleichsweise geringe Mächtigkeit der fraglichen Schichten und die stellenweise noch erkennbare Rotfärbung weisen darauf hin, daß die Liegendschichten des Kupferschiefers im Mansfeldischen noch zum Rotliegenden zu zählen sind, das Zechsteinkonglomerat also fehlt.

Über die Entstehung der Kupfererzföhrung bestehen zwei Ansichten. Die Anhänger einer *syngenetischen* Entstehung suchen den ursprünglichen Sitz des Kupfers in den alten Gebirgskernen, die das Kupferschiefermeer umrahmten, also im Harz, im Erzgebirge, während andere das Kupfer in Beziehung setzen zu den sauren Eruptivgesteinen des Rotliegenden und ein Eindringen der aufsteigenden, dem Magma entstammenden Erzlösungen in das Kupferschiefermeer annehmen. Der Vortragende verfiel demgegenüber den Standpunkt einer *epigenetischen* Entstehung der Lagerstätte. Zunächst widerlegt er die Behauptung, daß die sulfidischen Erze gleichen Alters seien, an der Hand einer Reihe von Beobachtungen unter dem neuerdings an Bedeutung gewinnenden Mikroskop mit Vertikal-Illuminator. Aus den Präparaten geht hervor, daß sich zwei Generationen des Erzes unterscheiden lassen, eine ältere aus Kupferkies bestehende und eine jüngere, zu der Buntkupfererz und Kupferglanz gehören. Diese Beobachtungen zwingen zur Annahme eines die Kupferschiefererze durchweg betreffenden Zementationsvorganges.

Der Vortragende stellt sich die Entstehung der Kupferschiefererze folgendermaßen vor: Die erzführenden Lösungen wurden bei ihrem Aufstieg aus der Tiefe (aus dem permischen Magma) auf Spalten bis in die Nähe des Kupferschiefers geführt. Wegen seiner schweren Durchlässigkeit wirkte dieser stauend auf die Lösungen und durch seinen Gehalt an Bitumen und Schwefelkies niederschlagend auf das Erz. Die Lösungen speisten gleichzeitig das Flöz, die Gänge und das Weißliegende. Dadurch erklärt sich der regionale Wechsel in der Kupferföhrung in verschiedenen Gebieten des Kupferschiefers und ferner das mehrfach sich wiederholende Vorkommen von Kupfererzföhrnden Schichten, z. B. bei Thalitter und anderen Orten am Ostrande des Rheinischen Schiefergebirges. Später folgten dann die schon erwähnten Zementationsvorgänge, durch die das Bild der Lagerstätte nur quantitativ verändert wurde, indem sich das Erz von Tage aus nach der Tiefe anreicherte.

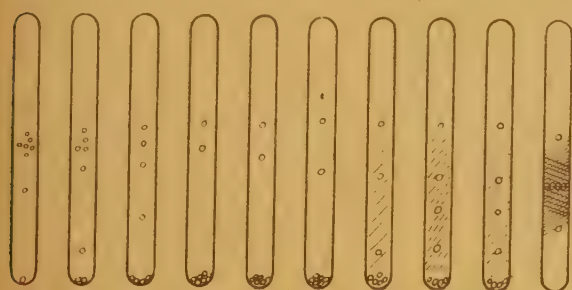
W. K.

Untersuchungen über den kritischen Zustand.

(Paul Hein, Dissertation Rostock 1913, s. a. ZS. f. phys. Chem. 86, 385, 1914.) Die klassische Theorie des kritischen Zustandes, begründet von *Andrews*, nimmt an, daß die Dichten einer Flüssigkeit und ihres gesättigten Dampfes sich mit steigender Temperatur mehr und mehr einander nähern, bis sie bei einer jedem Stoffe eigentümlichen Temperatur — der kritischen — gleich werden; der Meniskus im Versuchsröhrchen verschwindet. Oberhalb dieser Temperatur kann nur eine homogene Phase be-

stehen. Diese Theorie wurde wesentlich gefestigt, als es *van der Waals* gelang, seine Zustandsgleichung auch auf den Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Zustand anzuwenden. Im Laufe der Zeit sind jedoch sehr verschiedenartige Versuche gemacht worden, die zu Zweifeln an der Richtigkeit der *Andrewsschen* Theorie Anlaß gaben. Es stellte sich heraus, daß, nachdem der Meniskus verschwunden war, erhebliche Dichteunterschiede in den verschiedenen Teilen des Versuchsgefäßes fortbestehen können, wofür auch Nebelerscheinungen und Schlieren sprechen, die man noch mehrere Grade oberhalb der kritischen Temperatur beobachten konnte. Auch für das Lichtbrechungsvermögen und die Dielektrizitätskonstante wurden in verschiedenen Teilen der Versuchsröhren sehr verschiedene Werte gefunden. Angesichts dieser Ergebnisse glaubten eine Reihe von Autoren die *Andrewssche* Theorie durch eine Zweiphasentheorie ersetzen zu müssen, während eine Anzahl namhafter Forscher an der *Andrewsschen* Theorie festhielt, da sie meinten, die Beobachtungen durch Unreinheiten, Inkonsistenz der Temperatur, Wirkung der Schwere usw. erklären zu können. Um einwandfreie Resultate zu erhalten,

157,6° 157,7° 157,85° 158,16° 158,16° 157,94° 157,14° 157,14° 156,9° 156,9°



13%
5²⁰ 11%
5²⁸ 7,6%
5³⁷ 1%
5⁴⁵ 1%
6^{Uhr} 1%
6⁰⁷ 4,5%
6³⁵ 7,6%
6 7,6%
6⁵⁰

Fig. 1. SO₂ rein.

müssen daher Verunreinigungen und örtliche Temperaturdifferenzen sorgfältig vermieden werden.

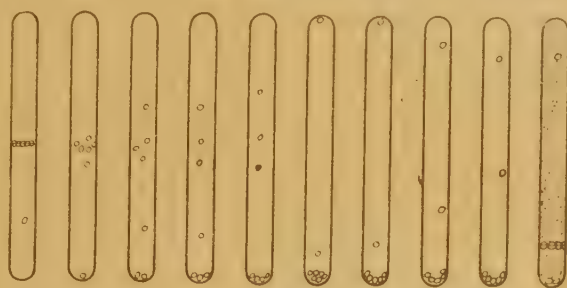
Hein verwendet schweflige Säure und Kohlensäure. Die Gase wurden aus reinsten Ausgangsmaterialien entwickelt und mit Phosphorpentoxyd getrocknet. Der Apparat zur Füllung der Versuchsröhren besteht nur aus miteinander verschmolzenen Glasteilen; die Luft wird durch viele Stunden lang fortgesetztes, abwechselndes Evakuieren und Verdichten des einzufüllenden Gases im Rohr verdrängt. Als maximale Verunreinigung ergab die Prüfung des Rohrinhalt $\frac{1}{30\,000}$ bis $\frac{1}{40\,000}$ des Gesamtinhalts. Temperaturkonstanz wurde mit Hilfe eines schon von *Galitzin*¹⁾ beschriebenen Thermostaten erreicht. *Hein* gibt an, daß die Temperaturdifferenzen im Versuchrohr höchstens $\frac{1}{1000}$ Grad betragen.

Die — von *Teichner* zuerst angewendete — Methode besteht darin, daß man die Dichte in verschiedenen Teilen des Rohrs durch kleine, verschieden gefärbte Glaskügelchen von bekannter Dichte, welche in das Rohr mit eingeschlossen werden, feststellt. Jedes Dichtekügelchen schwebt an der Stelle des Rohrs, wo die dem Kügelchen eigentümliche Dichte herrscht. Zur Eichung werden diese Kügelchen in einem geschlossenen Äther- (bzw. Isopentan-) Bade langsam erhitzt; sobald ein Kügelchen schwebt, ist seine Dichte gleich der (in ihrer Temperaturabhängigkeit bekannten) Dichte der Flüssigkeit.

¹⁾ Ann. d. Phys. (3) 50, 520 (1893).

Die von *Hein* erzielten Resultate seien an einigen typischen Versuchen erläutert. Fig. 1 zeigt den Stand der 8 Kügelchen in einem mit reiner schwefliger Säure gefüllten Rohr zu den angegebenen Zeiten. Der Meniskus war 5 Uhr 10 Min. bei 157,14° verschwunden. 5 Uhr 20 Min. schweben noch 6 Kügelchen ganz in der Nähe der Stelle, wo der Meniskus verschwunden war; dort nimmt also die Dichte sehr plötzlich von unten nach oben ab. Die durch die Kügelchen angezeigte Dichtedifferenz im ganzen Rohr beträgt noch 13%. 5 Uhr 28 schweben noch 5 Kügelchen in der Mitte; die Dichtedifferenz beträgt noch 11%. Bis 6 Uhr 07 sind 6 Kügelchen zu Boden gesunken, die beiden noch schwebenden zeigen einen Dichteunterschied von 1% an. Die nunmehr erfolgende langsame Temperaturerniedrigung bewirkt zunächst schwache

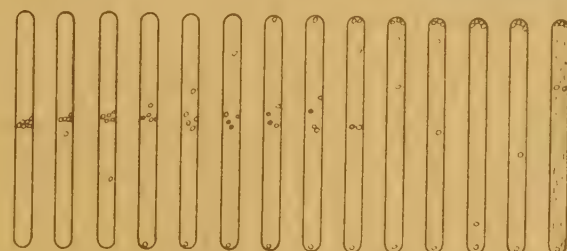
157,25 157,50 158,9° 159,28° 159,63° 159,9° 159,52 158,5° 158,15 157,5



12⁴ 12²¹ 1¹² 1²⁵ 1⁴⁵ 3¹⁰ 3³⁰ 3⁵⁸ 4¹⁰ 4

Fig. 2. SO₂ lufthaltig.

31,0° 31,0° 31,0° 31,0° 31,4° 31,4° 31,6° 31,65° 31,7° 31,9° 31,6° 31,6° 31,4° 30,88



21° 21° 21° 18° 18° 13° 10° 10° 6° 2,4°
1¹⁰ 1¹⁵ 1²⁰ 1²⁵ 1³⁰ 1³⁵ 1⁴⁰ 1⁴⁵ 1⁵² 2¹⁵ 2³⁰ 2³⁰ 2⁴⁵ 3⁰⁵

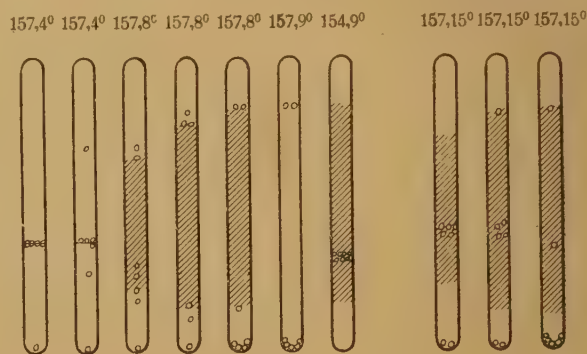
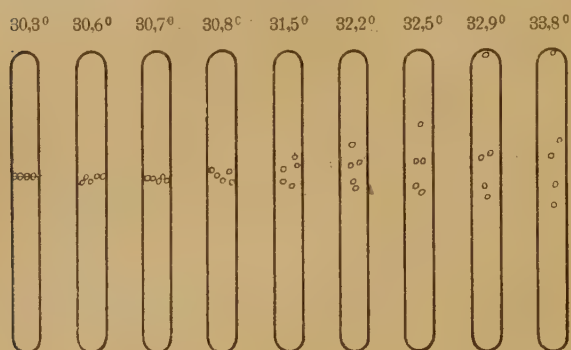
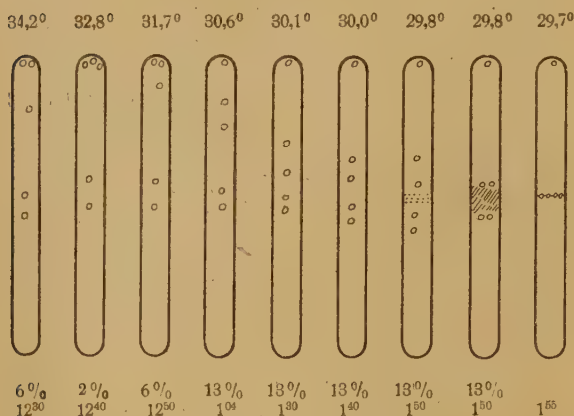
Fig. 3. CO₂ rein.

Opaleszenz, dann ein Wiederaufsteigen der gesunkenen Kügelchen. Es stellen sich also bereits, bevor der Meniskus wieder auftritt, erhebliche Dichteunterschiede von selbst wieder ein. Die Nebel werden dichter, und um 6 Uhr 50 erscheint in etwa $\frac{1}{3}$ der Höhe des Röhrchens der Meniskus, der unter ständigem Aufperlen an seine ursprüngliche Stelle wandert. — Bei einem anderen Versuch mit lufthaltiger schwefliger Säure (Fig. 2) ist der Rückgang der Kügelchen noch eindrucksvoller. Bemerkenswert ist dabei, daß der Luftgehalt den Dichteausgleich sowie die Dichtedifferenzierung erheblich verzögert, wie man aus den angegebenen Zeiten und Temperaturen leicht ersieht, und daß die Dichtedifferenzierung nicht von Nebeln begleitet ist. — Dieselben Erscheinungen zeigen die Versuche an reiner und lufthaltiger Kohlensäure (Fig. 3 und 4). In Fig. 4 ist kurz vor dem Wiedererscheinen des Meniskus das Auftreten einer schmalen Nebelzone interessant, an deren oberem und unterem Ende je 2 Kügelchen schweben; sie zeigen an, daß an den Nebelgrenzen größere Dichtesprünge vorhanden sind.

— Fig. 5 und 6 stellen Versuche dar, bei welchen der Inhalt des Rohrs (SO_2) durch einen Kuenenschen elektromagnetischen Rührer durchgemischt wurde. Das zweite Bild in Fig. 5 gibt den Stand der Kügelchen nach einmaliger Bewegung des Rührers wieder. Nach wiederholtem Rühren (12 Uhr 38) tritt Nebel auf, der sich jedoch nur gerade soweit erstreckt, wie der Eisenkern sich unter dem Einfluß des Magneten bewegt hatte. Auch hier ist der Dichtesprung an den Nebelgrenzen zu sehen. 12 Uhr 42 Min. wurde der Rührer weiter nach oben und unten bewegt, der Nebel dehnt sich entsprechend aus. Bei weiterem Rühren wird der Nebel schwächer und verschwindet. Beim Abkühlen erscheint er in derselben Ausdehnung wieder, wie der

die kritischen Erscheinungen nur bei schnellem Erhitzen beobachtet, andernfalls wandert der Meniskus an das obere Ende des Rohrs. Umgekehrt werden bei zu geringer Füllung des Rohrs die kritischen Erscheinungen nur bei langsamem Erhitzen beobachtet, während bei schnellem Erhitzen bereits alle Flüssigkeit verdampft ist, bevor die kritischen Erscheinungen eintreten.

Aus Heins Versuchen geht hervor, daß auch bei sorgfältiger Ausschaltung von Verunreinigungen und örtlichen Temperaturdifferenzen mehrere Grade oberhalb des Verschwindens des Meniskus erhebliche Dichteunterschiede möglich sind, welche nicht als Wirkung der Schwere zu erklären sind. Bei Abkühlung treten

Fig. 5. SO_2 .Fig. 6. SO_2 .Fig. 4. CO_2 luftthaltig.

Rührer gewirkt hatte. Bei dem Fig. 6 wiedergegebenen Versuch gelang es, durch fortgesetztes Rühren bei konstanter Temperatur den Meniskus unter Auftreten starker Nebel zum Verschwinden zu bringen und fast völligen Dichteaussgleich herbeizuführen. Interessant ist dabei die Beobachtung, daß die durch den Rührer aus ihrer Gleichgewichtslage abgelenkten Kügelchen unter wiederholtem Hin- und Herpendeln in diese zurückkehrten. Verdichtete Gase scheinen somit die elastischen Eigenschaften fester Körper zu besitzen; danach wäre die Fortpflanzung transversaler Wellen durch das gasförmige Erdinnere verständlich. — Auch der Einfluß der Erhitzungsgeschwindigkeit auf den Stand des Meniskus und die Stelle, an welcher er verschwindet —, wurde an reiner Kohlensäure beobachtet. Ist die mittlere Dichte des Rohrinhalts größer als die kritische Dichte, so werden

schon oberhalb der kritischen Temperatur von selbst Dichtedifferenzen auf. Der Einfluß von Verunreinigungen auf die kritischen Erscheinungen ist bedeutend. Sie unterstützen das Fortbestehen der Dichteunterschiede und verhindern im allgemeinen Nebelbildung oberhalb der kritischen Temperatur. Heins glaubt in diesen Ergebnissen eine Stütze der Traubeschen Zweiphasentheorie³⁾ erblicken zu müssen.

Hermann Rassow, Berlin.

Geographische Mitteilungen.

Die syrische Wüste, ein verödetes Kulturgebiet (H. C. Butler, *Desert Syria, the land of a lost civilization*; The Geographical Review, 9, 77—108, 1920). Unter den einst dichtbevölkerten und hochzivilisierten, heute aber unwirtlichen und verödeten Gebieten der Erde steht die Hunderte von Ruinenstätten aufweisende syrische Wüste mit in erster Reihe. Die Forschungen der jüngsten Zeit haben gelehrt, daß dieses menschenleere Gebiet einst eine dichtere Bevölkerung beherbergte als die bevölkertsten Teile von England und den Vereinigten Staaten, die Bannmeilen der Riesenstädte ausgenommen. Sie gaben Aufschluß über die Wirtschaft, Zivilisation und Kultur dieser semitischen, seit dem Alexanderzuge mit europäischen Kolonisten durchsetzten Bevölkerung. Diese lebte in friedlichen, geordneten Verhältnissen, trieb Öl- und Weinbau und Landwirtschaft im Kleinbetrieb, pflegte Außenhandel mit Indien und Rom, legte zu diesem Zwecke ein großartiges Straßennetz und Brückenbauten an und schuf aus den Früchten seiner Wirtschaft die Fülle von Villen, Bädern, Theatern, Tempeln, Kirchen und Grabdenkmälern, deren Ruinen wir heute bewundern.

²⁾ Comptes rendus 116, 1289 (1893).

³⁾ Ann. d. Phys. (4) 8, 267 (1902).

Ihre einer noch wenig bekannten uralten Kultur folgende Blüte fällt in die Zeit von ungefähr 300 v. bis 600 n. Chr., umfaßt die diadochische, römische und byzantinische Herrschaft und endet mit den Eroberungszügen der Perser und des Islams. Diese Einfälle, insbesondere das Bestreben der Perser, ihr Land durch einen Verwüstungsgürtel zu schützen, vermögen wohl die Zerstörungen der Befestigungen und Städte, nicht aber eine so allgemeine Auswanderung der Bevölkerung, vor allem aber nicht die Verwandlung eines fruchtbaren Landes in eine Wüste zu erklären. Es finden sich heute Hunderte von Öl- und Weinpressen in Regionen, in denen weder ein Baum noch ein Weinstock in dem seiner Krume entblößten Boden Wurzel zu fassen vermag. Die Umwallungen ehemaliger Pflanzungen schließen nackten Fels ein. Mit Sand und Rollsteinen erfüllte Flußbetten liegen das ganze Jahr über trocken, sind von Brücken überspannt und von Wascheinrichtungen gesäumt. Brunnen gab es ehemals in Menge, desgleichen Quellen, die durch Inschriften bezeugt sind. Sparsamen Wasserhaushalt übte man nicht, große Zisternen und Berieselungsanlagen mangeln, ein Zeichen, daß Wasser genug zur Verfügung stand; mit Holz ging man in dem heute baumlosen Land beim Hausbau verschwenderisch um. Die Verödung des Landes ist also weniger ein geschichtliches als ein naturwissenschaftliches Problem. Die Frage, wohin die fruchtbare Bodenkrume, der Wald, die Quellen und Flüsse verschwunden sind, beantwortet der Verfasser, wenn er auf rücksichtslose Vernichtung der Wälder durch Holzschlag und den die Wiederaufforstung hemmenden Weidegang der Ziegen und Schafe, die daraus folgende unregelmäßige Verteilung der Niederschläge und die Abspülung des Erdreiches hinweist, in derselben nicht völlig befriedigenden Weise, wie sie betreffs anderer verödeten Gebiete üblich ist. Noch weniger überzeugend ist der offenbar aus dem Bewußtsein der mangelhaften Begründung heraus unternommene Versuch, aus historischen Befunden eine Klimaverschlechterung herauszulesen. Die ganze interessante Frage ist daher mehr anschaulicher gestaltet und dringender gemacht als der Lösung näher gebracht worden.

Die Strömungen des Bosphorus. (A. Merz, *Festband Albrecht Penck, Stuttgart 1918*). Die Entwicklung der Kunde von den Bosphorusströmungen bezeichnen folgende Erkenntnisse: Im Altertum ist der gegen das Marmarameer gerichtete Oberstrom bekannt. 1681 erkennt *Marsigli* den zum Schwarzen Meere fließenden Unterstrom. 1885 stellt *Makarov* die Mächtigkeit und Geschwindigkeit beider fest. 1917 enthüllt *Merz*, mit verbesserten Instrumenten ausgerüstet und auf einer großen Zahl von Beobachtungsstationen fußend, das ganze Strömungsbild und die Mechanik des Fließens. — Der Oberstrom hat 17,5—18 ‰, der Unterstrom 37—38 ‰ Salzgehalt. Die Grenzfläche, ausgezeichnet durch eine Temperatur- und Salzgehaltssprungschicht, sinkt, das Gefäll der Bosphorusrinne abgeschwächt widerspiegelnd, gegen das Schwarze Meer und fällt von 19 m Tiefe am Marmarameer auf 46,5 m Tiefe am Schwarzen Meer. Während der Unterstrom wie ein Fluß mit gewundenem, dem konkaven Ufer genähertem, doch infolge der Reibung des Oberwassers tief liegendem Stromstriche abwärts fließt, steigt der Oberstrom auf geneigter Fläche mit annähernd geradem, die Talwindungen abschneidendem oberflächlichen Stromstriche an. Beide Strömungen erzeugen *Standwirbel* und *Neerströme*, der Oberstrom in allen Buchten, der Unter-

strom nur an dem konvexen Ufer. Die mittlere *Stromstrichgeschwindigkeit* beider Ströme beträgt 90 cm/sec; die Grenzzonen stärker und schwächer bewegter Stromfäden des Oberstromes rufen auffällige und gefährliche *Wandervirbel* hervor. Die beiden Wassermassen bewegen sich unter mannigfachen Winkeln übereinander hinweg, gelegentlich sogar gleichsinnig, der Hauptstrom des einen über dem Neer des anderen und umgekehrt. Stromgrenze und Grenzfläche des Ober- und Unterwassers entfernen sich dann weit voneinander. Geschwindigkeitsunterschiede, die zu denen der Richtung hinzutreten, erzeugen im Verein mit der Schräglage der Grenzfläche fortschreitende *Wellenbewegungen* mit Wellenhöhen bis zu 7 m und gegenseitige Geschwindigkeitsstörungen, so daß das Geschwindigkeitsminimum nicht mit der Grenzfläche zusammenfällt. Die Schräglage der Grenzfläche führt rückläufige Bewegungen der unteren Stromfäden des Oberstroms herbei, die entsprechend der Kreuzung der beiden Wassermassen unter wechselndem Winkel sich in spiralig wirbelartigen *Drehbewegungen* äußern und an Strecken stark ansteigender Grenzfläche die Wasser stark mischen und die Salzgehaltssprungschicht verwischen. Der Oberstrom unterliegt einer *periodischen Schwankung*. Im Frühjahr verstärkt sich seine Masse unter der Wirkung der Schneeschmelze, im Sommer schwächen sie Niederschlagsmangel des Einzugsgebiets und Verdunstung. *Unperiodische Störungen* rufen Luftdruckschwankungen und die Winde hervor, die unmittelbar nicht über die Grenzfläche hinaus, mittelbar aber durch Erzeugung eines vertikalen Wasserkreislaufes im Oberstrom auch den Unterstrom beeinflussen und so bis zu den größten Tiefen wirken können.

Eine Besteigung des Stromboli. Die Seefahrt durch den Archipel der äolischen Inseln zum Stromboli, dem äußersten über den Meeresspiegel auftauchenden Gipfel dieses aus der Tiefsee aufsteigenden jungvulkanischen Gebirges, gibt einen vorbereitenden Überblick über die Werkstätte vulkanischer Kräfte, die man — ein einzigartiger Fall — im immertätigen Stromboli jederzeit an der Arbeit beobachten kann. Die vielgestaltigen Inseln und Inselchen — Kegel von klassischem Vulkanumriß, halbabgetragene, gerundete Kuppen, einsame schroffe Felsen, Riffe und Untiefen, die letzten Ruinen abgetragener Feuerberge — weisen auf die Altersunterschiede der einzelnen, teils volltätigen, teils halb, teils ganz erloschenen Herde hin. Wechselnde Gestaltung und Farbe im einzelnen deuten den Reichtum an Gesteinen an, die vom säuligen Basalte bis zum glasischen Obsidianstrom in selten vollständiger Reihe in Ergüssen und Tuffen vertreten sind. Buchten, Kliffe und Strandebenen, Klippen, Felstore und Grotten zeugen von dem wechselnde Gestalten hervorbringenden Kampfe zwischen Vulkan und Neptun. Fast alle Erscheinungen des Inselvulkanismus, die die atlantischen Vulkaneilande von den Azoren bis Fernando Noronha ozeanweit verstreut zeigen, finden sich hier in europäischer Engräumigkeit benachbart. An jene Inseln erinnert auch das Gesamtlandschaftsbild, das subtropische Blau des Himmels und des Meeres, die Trockenheit und die spärliche Vegetation. Nicht bis in wesentlich kühlere Luftregionen aufragend, entbehren jedoch die äolischen Inseln des bezeichnenden Wolkenkapitals, das die Gipfel der Kanaren und Madeiras so oft verhüllt. Nur der Stromboli trägt infolge seiner beständigen Wasserdampfaushauchung oft eine wetteranzeigende Wolkenkappe, die mehr oder weniger tief reicht und — wie ein Blick vom Ätnagipfel zeigte —

in den Morgenstunden den ganzen Kegel verhüllen kann, während die Nachbarinseln scharf hervortreten. Bei klarem Himmel aber erscheint auf seinem Gipfel in etwa halbstündiger Folge je nach der Luftbewegung eine gerade aufsteigende Säule oder eine langgezogene Fahne schwärzlichen Rauches.

Eine aus schwarzem vulkanischen Sande bestehende Strandebene jüngsten Alters, der Stromboliochkioklippe, einem Reste des Urstromboli gegenüberliegend, ermöglicht den Zugang zu dem sonst allseits steil abstürzenden Berge. Inmitten von schilfaunumfriedeten Weingärten, in denen man die Pflanzen laubenartig über niedriges Gitterwerk ausbreitet und so die starke Ausstrahlung des dunklen Bodens mildert, von Anpflanzungen von Kapern und Tomaten, die durch Feigenbäume, Opuntien, Agaven und vereinzelte reife Dattelpalmen unterbrochen werden, erheben sich die aus Lava erbauten, blendend weiß getünchten, flachgedeckten, orientalisches kastenartigen, fensterarmen Behausungen der in ihrer Abgeschlossenheit und einem harten Kampfe ums Dasein zu hoher Eigenart herangezuchteten südländisch dunklen Inselbevölkerung. Emporblickend erkennt man deutlich die vielen Vulkanen eigene Scheidung in drei Höhengürtel, die Kulturlandschaft, einen schmalen Streifen Gebüsch und schilfartiger Gräser und die völlig pflanzenleere Gipfelregion.

Der Aufstieg auf den 927 m hohen Gipfel führt über basaltische und andesitische Aschen und Agglomerate und ist nicht minder mühevoll als eine Lavawanderung. Er gewährt einen Blick in die eigenartige „Sciarrä“, einen keilförmig umrissenen bis zum Krater reichenden, ascheüberschütteten Einbruch der NW-Flanke des Berges, eine den Calderen der Kanarischen Inseln und dem „Val del bove“ des Ätna verwandte Form. Der Krater zeigte im August 1910 noch im wesentlichen den Zustand, wie ihn *Bergeat* in seiner Monographie der Inselgruppe beschrieben hat, einen abbruchbegrenzten Zirkus mit unregelmäßig gestufter Sohle, an deren niedrigstem, an die Sciarrä stoßendem, von Lavabächen und -decken überflössenem Rande reihenförmig angeordnet vier Eruptionsöffnungen liegen. Der Überblick ist freilich durch die beständige, nur augenblicksweise gelichtete Dampferfüllung erschwert. Sie rührt von zahlreichen Fumarolen her, deren weiße Dampfsäulen runden, schneeweiß umrandeten, die schwefelangelaufene Kraterwand durchbrechenden Öffnungen entströmen. Die Eruption kündigt sich durch ein grob polterndes Getöse an, das mit dem beim Öffnen eines Schmelzofens verglichen wird, dann schießt die Rauch- und Dampf Wolke auf, die im Nu die ganze Gegend in ein Halbdunkel hüllt und mit schwefeligen Dämpfen erfüllt. Lapilli und Steine wurden nur in geringer Zahl ausgeworfen. Während die Krateröffnung nun wieder in den Zustand der Ruhe, der ausschließlichen Fumarolentätigkeit zurückfällt, senken sich die festen Bestandteile der Dampf Wolke in Gestalt eines feinen Aschenregens langsam hernieder. Bei tiefstehender Abendsonne gesellt sich zu diesen Erscheinungen der Schatten des Berges und seiner Wolke, der sich im Meere bis zur Kalabrischen Küste hin abzeichnet. Nachts verrät sich die sonst nicht sichtbare Lava am Widerscheine der Dampf Wolke, der — umgekehrt wie am Tage — die Gipfelregion einige Augenblicke mit rötlichem, feuersbrunstartigem Lichte übergließt, vom Rande des Kraters genossen, ein großartiges Schauspiel. — Physiologisch machen sich die Ausbrüche infolge des Ausstoßens schwefeliger Dämpfe in einer

empfindlichen, nachhaltigen Reizung der Atmungsorgane geltend, die aber durch Verhüllung des Mundes mittels eines wassergetränkten Tuches einigermaßen abgeschwächt werden kann.

Der Abstieg über den Ostabhang lehrt, daß die Gürtelgliederung der Vegetation in den Entwässerungsverhältnissen begründet ist. Zuerst führt er über tiefe und lockere, an Augitkristallen reiche vulkanische Sandmassen, in denen Regen und niedergeschlagener Dampf aus dem Krater restlos versickern, und die daher völlig öde und frei von Talrinnen sind. Nach einiger Zeit künden feuchte Stellen des Sandes größere Bodenfeuchtigkeit an, die sich bald darauf in einer von zierlichem *Adiantum* gesäumten Quelle verdichtet. Endlich folgt der unterste Gürtel des Gehänges, der, von zahlreichen Talschluchten zerschnitten, eine vorwiegend oberflächliche Entwässerung anzeigt, die ihn kulturfähig macht.

Forschungsexpedition in Deutsch-Ostafrika. E.

Krenkel, Abdruck a. d. Berichten d. math.-phys. Kl. d. sächs. Ak. d. Wiss. zu Leipzig. LXXI. Bd., 1919. *Krenkels* im Sommer 1914 angetretene Expedition galt geologischen (neue Lagerstätten), paläontologischen (im Anschluß an die Berliner Tendaguruexpedition) und agronomischen Zielen (Böden des Küstenlandes). Der Kriegausbruch warf diese Pläne um und machte militärische Ziele für den Gang der Expedition maßgeblich. Die bedeutende Sammlungsaubeute an Handstücken, Bodenproben, zoologischen und anthropologischen Gegenständen, Photogrammen usw. fiel leider ebenso wie alle Aufzeichnungen dem unglücklichen Kriege zum Opfer, letztere indem sie dem krank in belgische Gefangenschaft geratenen Reisenden fast restlos geraubt wurden. Gleichwohl dürfen wir in dem in Druck befindlichen, umfänglichen Reiseberichte, der der vorliegenden vorläufigen Mitteilung folgen soll, wertvolles Material zur Geologie und Landeskunde Deutsch-Ostafrikas erwarten. — Die *Küstenlandforschungen* zeigen die Küste als Glied des großen kretazisch bis jungtertiären ostafrikanischen Bruchsystems und als Ergebnis einer oszillierenden gegenwärtig aufsteigenden Bewegung mit Terrassen und versunkenen Tälern (Krieks), mit ortständigen oder umgelagerten Verwitterungsböden, fluviatilen Bildungen und mit Korallenriffgesteinen. Auch das wenig bekannte, inselartig dem Hochlande vorgelagerte, waldbedeckte, kristallinische, mannigfaltig zusammengesetzte *Uluguragebirge* (nahe Morogoro) fügt sich in das große tektonische System ein. Seine einstige Bedeckung scheint nach Funden im benachbarten Mkatagrabens aus kohlenführenden Schichten der Karruformation bestanden zu haben. Im Boden *Ugogos*, einer aus verschiedenen Elementen aufgebauten, von Bruchstufen eingefassten Tiefscholle, wurden das kristallinische Grundgebirge vermutlich alt-, z. T. präpaläozoischen Alters, die tertiären mit den großen Schollenbewegungen zusammenfallenden jungvulkanischen Bildungen und verschiedenaltige, bis ins Altquartär reichende Deckenschichten unterschieden. Die paläozoischen und mesozoischen Sedimente sind der Erosion zum Opfer gefallen. Im *Tanganjikagebiete*, wo die flachgelagerten unteren „Sandsteinschichten“ und oberen „Kalkkieselschichten“ der noch nicht datierbaren Tanganjikaformation schwach westlich einfallen, wurde innerhalb einer auffallend schmalen randlichen Störungszone ein förmliches Mosaik kleiner Bruchschollen verbunden mit Faltungerscheinungen nachgewiesen. *B. Brandt, Belgig i. d. M.*

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 4. (Seite 57—72)

28. Januar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die experimentelle Erzeugung von Hüllen bei Infusorien als Parallele zur Membranbildung bei der künstlichen Parthenogenese. Von *E. Bresslau*, Frankfurt a. M. S. 57.

Über den supraleitenden Zustand von Metallen. Von *W. Normann*, Emmerich. S. 62.

Besprechungen:

Goldschmidt, R., Einführung in die Vererbungswissenschaft. Dritte Auflage. Von *G. v. Ubisch*, Heidelberg. S. 66.

Stromer, Ernst, Paläozoologisches Praktikum. Von *Fr. Drevermann*, Frankfurt a. M. S. 66.

Abel, O., Lehrbuch der Paläozoologie. Von *Fr. Drevermann*, Frankfurt a. M. S. 66.

Seidlitz, W. v., Revolutionen in der Erdgeschichte. Von *Fr. Drevermann*, Frankfurt a. M. S. 67.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über Meermühlen. Von *H. Höfer v. Heimhalt*, Wien. S. 67.

X. Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege in Berlin (3. und 4. Dezember 1920). Von *O. Herr*, Görlitz. S. 68.

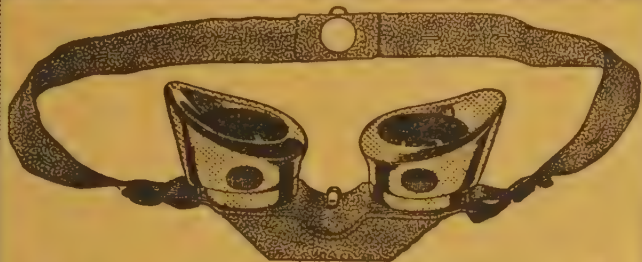
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 69—72.
Über neuere Arbeiten zum weiteren Ausbau der Quantentheorie. Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenspektroskopie. Im Dämmer des Rimba, Sumatras Urwald und Urmensch. Über ein Nebennierenrinden-ähnliches Organ bei einem wirbellosen Tier (Phycosoma).

ZEISS

LUPEN

für

Naturwissen- schaftler und Naturfreunde



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52 mäßiger Wiederholung
10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Zwei Philosophische Preisaufgaben.

Die neugegründete „Vereinigung der Freunde und Förderer des Positivistischen Idealismus“ (in der Richtung der Philosophie des Als-Ob) veröffentlicht soeben in ihrem Organ, den „Annalen der Philosophie“ Bd. II, Hft. 4, zwei Preisausschreiben. Thema der ersten Preisaufgabe: „Die Rolle der Fiktionen in der Erkenntnistheorie von Friedrich Nietzsche“. Preis 3000 Mark. Preisrichter: Professor Dr. Bergmann, Privatdozent Dr. Brahn und Reichskommissar Bibliothekar Dr. Oehler (bekanntlich ein Verwandter des Philosophen Nietzsche), alle drei in Leipzig. Thema der zweiten Preisaufgabe: „Das Verhältnis der Einsteinschen Relativitätslehre zur Philosophie der Gegenwart mit besonderer Rücksicht auf die Philosophie des Als-Ob“. Preis 5000 Mark. Preisrichter: Professor Dr. v. Aster in Gießen, Professor Dr. v. Laue in Berlin und Professor Dr. Schlick in Rostock. Die näheren Bestimmungen der Preisausschreiben erhalten die Interessenten kostenfrei zugesendet durch den Schriftleiter der „Annalen der Philosophie“ Dr. Raymund Schmidt in Leipzig, Fichtestraße 13. Derselbe ist auch Schriftführer der obengenannten neuen Philosophischen Gesellschaft, deren Programm unentgeltlich von ihm zu beziehen ist.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

28. Januar 1921.

Heft 4.

Die experimentelle Erzeugung von Hüllen bei Infusorien als Parallele zur Membranbildung bei der künstlichen Parthenogenese.

Von E. Bresslau, Frankfurt a. M.

Im Verlauf von Untersuchungen über die Wirkung chemotherapeutischer Agentien auf frei lebende Protozoen, die mich seit etwa 1½ Jahren beschäftigen, zeigten sich Erscheinungen, deren biologische Bedeutung es m. E. rechtfertigt, schon vor Veröffentlichung der ausführlichen Arbeit¹⁾ darüber kurz einem größeren Leserkreise zu berichten. Zugleich seien diese Zeilen Prof. Alexander Goette, der mich in die Zoologie einführte, zu seinem achtzigsten Geburtstage (31. Dezember 1920) in dankbarer Verehrung gewidmet.

Da es für meine Fragestellung von Wert war, die Versuche an möglichst hoch organisierten und nicht zu kleinen Formen anzustellen, wählte ich als Versuchstiere in erster Linie Infusorien. Als Hauptobjekt diente *Colpidium colpoda* St., weil sich diese Art nach der von Öhler (1919, 1920) angegebenen Methode in ½–1proz. Traubenzuckerlösung unter Zugabe von *Bacterium coli* als Nahrung leicht rein züchten läßt. Die Kulturen werden jetzt im Speyerhause seit über Jahresfrist fortgeführt und wachsen so gut, daß nach vorgenommenen Zählungen auf der Höhe der Entwicklung im Kubikzentimeter durchschnittlich 30 000–50 000 Individuen enthalten sind.

Als ich nun Colpidien aus derartigen Kulturen mit Trypaflavin, Neutralrot, Methylenblau, Kresylblau und anderen Farbstoffen behandelte, zeigte sich, daß bei Anwendung bestimmter Konzentrationen höchst eigenartige Hüllen (Fig. 1, 2) ausgeschieden werden. Das Erste, was man beim Zusammenbringen eines Tropfens der Colpidienkultur mit einem Tropfen Farblösung auf dem Objektträger beobachtet, ist, daß die meisten Individuen einen Augenblick in ihrer Bewegung einhalten, einige zappelnde Bewegungen ausführen und dann schneller oder langsamer um ihre Achse rotieren. Gleichzeitig wird um die Tiere eine sich in der Farblösung tingierende, mehr oder minder homogene Hülle sichtbar, die meist das vor dem Zellmund gelegene Vorderende freiläßt. Ist die Farblösung zu giftig, so sterben die Tiere in den so entstande-

nen becherartigen Hüllen. Ist die Giftigkeit geringer, so schlüpfen sie aus, um dann so lange frei in der Lösung umherzuschwimmen, bis sie schließlich der Giftwirkung des Farbstoffes erliegen, sofern sie nicht vorher wieder in ein ungiftiges Medium zurückgebracht werden. Nach dem Ausschlüpfen bleiben die leeren, schön gefärbten Hüllen zurück, die je nach der angewandten Farblösung ihrer Konzentration oder ihrem Gehalt an H- bzw. OH-Ionen — auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden — verschiedene Beschaffenheit zeigen. Die Hüllen können dünnwandig (Fig. 1) oder dickwandig (Fig. 2), glatt oder skulpturiert sein. Im



Fig. 1.



Fig. 2.

Fig. 1. Leere dünnwandige Hülle von *Colpidium colpoda* St. mit Abdruck der Wimperreihen. Neutralrot 1 : 2000.

Fig. 2. Dasselbe dickwandig. Kresylblau 1 : 800. — Vergr. 450 X.

letzteren Falle (Fig. 1) entspricht die Skulptur dem Abdruck der Wimperreihen.

Weitere Prüfung ergab nun, daß die Bildung dieser Hüllen nur einen Spezialfall einer viel allgemeineren Erscheinung darstellt. Gewisse Farbstoffe bzw. bestimmte Modifikationen von ihnen²⁾ veranlassen nämlich nicht nur die Ausscheidung von Hüllen, sondern auch von langen, in verschiedener Weise gewundenen Röhren, aus denen die Tiere gleichfalls sofort auszuschlüpfen pflegen (Fig. 3). Wieder andere Farbstoffe führen zur Ausscheidung allseitig die Tiere umschließender Hüllen, die je nach der Beschaffenheit des Farbstoffes usw. entweder den Colpidien als dünne Membranen dicht anliegen oder sie mit einer dickwandigen Gallerte umgeben (Fig. 4).

Sehr bemerkenswert ist, daß sich die verschiedenen Hüllen ausgesprochen metachromatisch verhalten, indem sie sich z. B. mit geeigneten blauen Farbstoffen wie Kresylblau oder

¹⁾ Sie wird als Heft 12 der Arbeiten a. d. staatl. Inst. f. exper. Therapie u. d. Georg-Speyerhause, Gustav Fischer, Jena, erscheinen.

²⁾ Z. B. die aus Methylenblau durch Kochen mit Borax erhaltene sog. Mansonsche Lösung, und zwar in sehr starker Verdünnung.

Viktoriablau nicht im Tone der Farblösung selbst (also blau), sondern violett-rötlich färben. Es handelt sich dabei jedenfalls um einen physikalischen Vorgang, indem die in der Farblösung dissoziierte und in ihrer Nuance vom Farbsalz abweichende Farbbase als solche von der Hülle auf Grund auswählender Löslichkeit adsorbiert wird (metachromatische Supravitalfärbung nach Pappenheim 1905, 1920 u. a.).

Über die mikrochemische Natur der Hüllen möchte ich mich einstweilen nicht äußern, da die Untersuchungen darüber noch nicht abgeschlossen sind. Bis jetzt wurde u. a. festgestellt, daß sie schon durch Spuren von Alkali ($\frac{n}{100}$ Soda-lösung), ebenso von Alkohol (auch bei Gegenwart von Salz) und Aceton gelöst, durch Säure

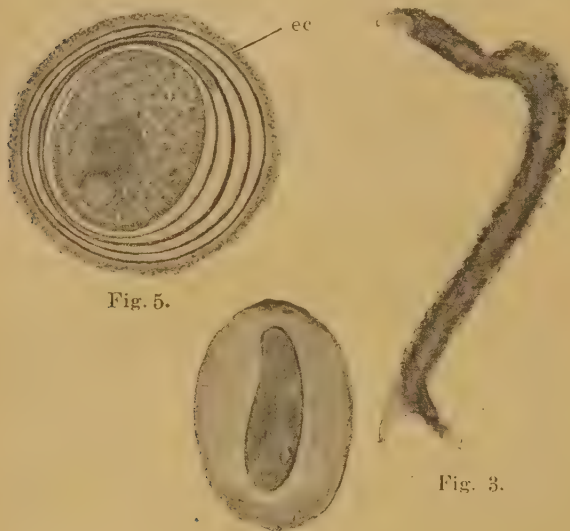


Fig. 5.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 3. Nach Zusatz von Mansonecher Lösung von einem Colpidium gebildete Röhre. Vergr. 400 \times .

Fig. 4. *Colpidium colpoda* mit allseitig geschlossener Hülle, Viktoriablau 1:10 000. Vergr. 365 \times .

Fig. 5. *Tillina magna* Gruber während der Dauer-cystenbildung. 6 konzentrische Schichten abgeschieden, die noch durch deutliche Zwischenräume voneinander getrennt werden. Die fertige Dauerzyste entsteht dadurch, daß sich die 6 Schichten unter Verschwinden der Zwischenräume dicht aneinander legen. ee Ectocyste. Vergr. 330 \times .

dagegen fixiert werden. Auch gegen schwache Salzlösungen sind die Hüllen von *Colpidium* sehr empfindlich. Aus dieser großen Hinfälligkeit seiner Hüllsubstanz erklärt es sich vielleicht, daß man bei *Colpidium* bisher in der freien Natur niemals Cystenbildung beobachten konnte. Bei anderen Infusorien, die sich leicht encystieren und in ihren Hüllen lange Austrocknungsperioden überstehen können, sind dagegen auch die experimentell hervorrufbaren Hüllen mikrochemisch verschieden, vor allem widerstandsfähiger. $\frac{n}{10}$ NaOH, das Colpidienhüllen sofort löst, hat beispielsweise auf die Hüllen, die man bei *Tillina magna* Gruber oder *Bursaria*

truncatella Müll. durch Neutralrot hervorrufen kann, diese Wirkung nicht.

Von den künstlich hervorrufbaren Hüllen unterscheiden sich die Dauerzysten der letztgenannten Arten vor allem dadurch, daß sie niemals aus einer, sondern stets aus mehreren konzentrisch nacheinander abgeschiedenen Schichten — bei *Tillina magna* nicht weniger als 6 (Fig. 5) — zusammengesetzt sind, die sich allmählich dicht aneinander legen und so eine feste Membran von oft sehr hoher Resistenz und Wasserundurchlässigkeit bilden. Dabei zeigt die äußerste dieser Schichten in der Regel ein von den inneren abweichendes, an die experimentellen Hüllenbildungen erinnerndes Aussehen (Fig. 5 ec), was im Verein mit noch anderen, in der ausführlichen Arbeit zu besprechenden Beobachtungen den Schluß nahelegt, daß diese Schicht die in der Protistenkunde bald als Schleier, bald als Ectocyste bezeichnet wird, den experimentell bei denselben Tieren hervorrufbaren Hüllen entspricht.

Auch sonst besteht zwischen den bei *Colpidium* experimentell hervorrufbaren Hüllen und den Gehäusen usw., die andere Infusorien in der freien Natur bauen, weitgehende Übereinstimmung. Ich erinnere beispielsweise nur an die zuerst von *Balbani* beschriebene *Mycterothrix tuamotuensis*, die je nach dem physiologischen Zustande, in dem sie sich befindet, bald becherförmige Hüllen, bald Röhren baut, letztere dann, ehe sich die Individuen zur Teilung anschicken (vergl. *Fauré-Fremiet* 1910, Textfig. 2 u. 7). Es liegt auf der Hand, daraus zu schließen, daß hierfür Reize ähnlicher Art verantwortlich sind, wie die in meinen Versuchen künstlich gesetzten Reize, die bei den Colpidien je nachdem Hülse- oder Röhrenbildung hervorrufen.

Mit Gehäuse- und Cystenbau sind aber die Beziehungen unseres Erscheinungskomplexes bei den Infusorien noch nicht erschöpft. Behandelt man Paramaecien mit denselben Farblösungen, die bei *Colpidium* Hüllenbildung auslösen, so stoßen sie mit einem Schlage ihre *Trichocysten* aus, und zwar meist so, daß sie unter gegenseitiger Verfilzung das Tier rings umgeben, ohne natürlich eine richtige Hülle zu bilden. Ganz ähnliches geschieht in der freien Natur, wenn die Paramaecien von feindlichen Infusorien angegriffen werden. Gehört der im Experiment verwandte Farbstoff zu denen, die Metachromasie der Colpidienhüllen veranlassen, so werden auch die Trichocysten der Paramaecien metachromatisch gefärbt. Sie entsprechen also weitgehend den Hüllen der Colpidien³⁾, mit dem Unterschiede natürlich, daß sie bereits als geformte Elemente im Körper der Paramaecien präformiert sind, während die Hüllsubstanz der Colpidien aller Wahrscheinlichkeit nach erst im Moment ihres

³⁾ Dazu stimmt, daß bei den Paramaecien in der freien Natur keine Encystierung beobachtet zu werden pflegt.

Austritts aus dem Körper die alsdann sichtbar werdende Struktur erhält⁴⁾).

Nach alledem erhebt sich die Hauptfrage, welcher Art denn nun eigentlich die Vorgänge sind, die bei *Colpidium* usw. die Hüllenbildung hervorrufen? Daß es sich dabei nicht um eine spezifische Wirkung der angewandten Farbstoffe handeln könne, war mir schon sehr bald durch mancherlei Erfahrungen wahrscheinlich geworden, vor allem dadurch, daß ich beobachtete, wie bereits geringe Zusätze von Alkali oder Säure zu den Farblösungen die Hüllenbildung modifizierten. Näheres darüber wird in der ausführlichen Arbeit nachzulesen sein.

Gleichzeitig waren mir bei diesen Wahrnehmungen die bekannten Versuche über die experimentelle Erzeugung der sog. *Befruchtungsmembran* bei der künstlichen *Parthenogenese* in den Sinn gekommen, und es war verlockend, zu prüfen, wie sich die hierzu dienenden Mittel den *Colpidien* gegenüber verhalten. Drei Reihen von Substanzen sind es vornehmlich, die aus der Literatur über die chemische Entwicklungserregung als Membranbildner bekannt sind, 1. cytolytisch wirkende Stoffe wie Chloroform (O. u. R. Hertwig 1887), Benzol, Toluol, Kreosot (Herbst 1893) und echte Kohlenwasserstoffe, z. B. Amylen, ferner Glukoside usw. (J. Loeb, 1905), 2. Fettsäuren oder schwache Basen (J. Loeb 1905, 1912) und endlich 3. koagulationsfördernde Mittel wie Silbersalze (Herbst 1904), Phosphorwolframsäure (Delage 1908) usw. Alle Bemühungen, durch Zusammenbringen dieser Stoffe mit *Colpidien* Hüllenbildung auszulösen, blieben indessen zunächst vergeblich, bis ich einsah, daß bei der gewählten Versuchsanordnung überhaupt keine entscheidenden Resultate erhalten werden konnten. Die genannten Membranbildner waren ja sämtlich farblos. Wenn also — was denkbar war — unter ihrer Einwirkung Hüllen ausgeschieden wurden, so brauchten sie doch nicht sichtbar zu sein, sofern nämlich ihr Brechungsindex mit dem des Wassers übereinstimmte.

Daraus ergab sich die Anregung, die Versuche so zu gestalten, daß auch farblose Hüllen im Falle ihrer Entstehung sichtbar werden mußten. Als nächstliegendes Verfahren kam hierzu die *Tuschemethode* in Betracht, die sich in der Bakteriologie bei ähnlich liegenden Fällen so nützlich erwiesen hat. Schon der erste Versuch erwies die Methode als brauchbar und lieferte zugleich eine unerwartete Beobachtung, die sich als überaus fruchtbringend für den weiteren Verlauf der Untersuchungen erwies: Es zeigte sich näm-

lich, daß die gewöhnliche käufliche Zeichentusche (Pelikantusche, Günther-Wagner) schon von sich aus Hüllenbildung veranlaßt. Bringt man auf einen Objektträger einen Tropfen einer *Colpidienkultur* und daneben ein wenig Zeichentusche, die man mit einer Nadel rasch in dem Kulturtropfen verrührt, so sieht man, wie alsbald zahlreiche voluminöse *Colpidienhüllen* (Fig. 6) auftreten, die viel größer sind als die größten, durch irgendwelche Farbstoffe erzeugten Hüllen. Die *Colpidien* bleiben meist nur einen kurzen Augenblick in diesen Hüllen, da die Tusche im Gegensatz zu den meisten Farbstoffen ungiftig zu sein pflegt. Fast immer schlüpfen sie rasch aus ihren Hüllen aus und schwimmen dann munter in der Tuschelösung umher. Das



Fig. 6.



Fig. 7.

Fig. 6: *Colpidium colpoda* in einer nach Tuschezusatz erzeugten Hülle, die aus einzelnen Stäbchen zusammengesetzt ist. Vergr. 165 \times .

Fig. 7: Fünf Stäbchen, die in Tuschelösung einzeln zur Abscheidung gebracht worden sind. Jedes Stäbchen von einer Kohleteilchen führenden Schutzkolloidhülle umgeben. Vergr. 1200 \times .

Wichtigste aber ist, daß die Hüllen nicht, wie die durch Farbstoffe erzeugten, aus einer mehr oder minder homogenen Gallerte bestehen, sondern sich aus lauter einzelnen stäbchenförmigen Elementen von 8,5—9,5 μ Länge und 2,5—3,0 μ Dicke zusammensetzen (Fig. 7).

Wie ist nun dieses überraschende Resultat zu erklären, und vor allem welche der in der Tusche enthaltenen Substanzen führen die Ausscheidung herbei: die in ihr suspendierten Kohleteilchen oder die diesen zum Zweck ihrer Suspension beigemengten Stoffe? Diese Frage läßt sich ohne weiteres zugunsten der letzteren Alternative entscheiden, da man kolloidale Kohlelösungen herstellen kann, in denen keine Hüllenbildung erfolgt. Und obwohl die genaue Zusammensetzung der käuflichen Tusche unbekannt ist, läßt sich weiter schließen, daß das in ihr enthaltene *hydrophile Kolloid*, das die Kohleteilchen vor dem Ausflocken schützen soll, der die Hüllenbildung auslösende Faktor ist (vgl. Anm. 5 S. 60). Ebenso ist es auf Rechnung dieses Schutzkolloids zu setzen, daß die in Gestalt zahlloser leicht quellbarer Tröpfchen oder Körnchen aus dem *Colpidium* aus-

⁴⁾ Zwischenstufen zwischen echter Hüllenbildung und *Trichocystenausstoßung* sind durch Beobachtungen von botanischer Seite bekannt geworden. Bei einzelnen Flagellaten werden sowohl in der Natur als auch auf Farbstoffreize hin trichocystenähnliche Fäden ausgestoßen, die zu einer Gallerte zusammenfließen (Klebs 1892) und bei Anwendung geeigneter Farbstoffe sich metachromatisch färben (Scherffel 1912).

geschiedene Hüllsubstanz nicht zu einer homogenen Gallerte auf- und zusammenquillt, wie bei der Einwirkung von Farbstoffen (z. B. Viktoria-blau), sondern Stäbchenstruktur erhält. Das in der Tusche im Überschuß enthaltene Schutzkolloid schlägt sich nämlich unmittelbar im Augenblick des Austritts der einzelnen Hüllsubstanzteilchen um diese als feiner, vermöge seiner Elastizität nur ein beschränktes Aufquellen gestattender Überzug nieder, der infolge der in ihm enthaltenen Kohleteilchen bei starker Vergrößerung deutlich als dünne, zahlreiche feinste bräunliche Körnchen führende Schicht um die im übrigen homogenen Substanzzyylinder der Stäbchen zu erkennen ist (Fig. 7).

Um nun weiter die Natur der die Hüllenbildung hervorrufenden Stoffe zu untersuchen, kam es darauf an, an Stelle der käuflichen Tusche kolloidale Kohlelösungen anzuwenden, die 1. nicht schon von sich aus Hüllenbildung auslösen und 2. hinsichtlich ihrer Zusammensetzung bekannt sind. Schon nach wenigen Vorversuchen ergab sich, daß sich solche Lösungen durch Verreibung von Lampenruß (*Merck*) mit geringen Mengen verschiedener Schutzkolloide — ich nenne als solche hier nur die Na-Salze der Lysalbin- und Protalbinsäure — leicht herstellen lassen. Bringt man einen Tropfen Colpidienkultur mit einem Tropfen einer derartigen Kohlelösung, die ganz ungiftig ist, zusammen, so leben die Tiere darin tagelang, ohne daß Hüllenbildung erfolgt⁵⁾.

Diese Kohlelösungen sind nun die geeigneten Medien, um zu prüfen, welche Substanzen die Ausscheidung der Hüllen veranlassen. Das Ergebnis dieser Prüfung war selbst für mich überwältigend, obwohl es eigentlich nur meine ursprüngliche Vermutung bestätigte. *Alle Stoffe* nämlich, die ich oben aus der Literatur über *künstliche Parthenogenese* als *Membranbildner* anführte⁶⁾, erwiesen sich geeignet, auch bei den *Colpidien Hüllenbildung* hervorzurufen, mit viel durchschlagenderem Erfolge noch als die zuerst genannten Farbstoffe. Es kann danach keinem Zweifel unterliegen, daß zwischen den Vorgängen

⁵⁾ Wegen der genauen Vorschriften zur Herstellung dieser Kohlelösungen sei auf die ausführliche Arbeit verwiesen. Zu beachten ist, daß die genannten Schutzkolloide, falls ihre Konzentration in den Kohlelösungen zu groß ist, schon von sich aus bei einem Teil der Colpidien Hüllenbildung herbeiführen. Durch geeignete Verdünnung kann man ihre Konzentration aber stets so herabsetzen, daß diese Wirkung ausgeschaltet wird. Legt man auf die zweite der oben genannten Bedingungen keinen Wert, was zur Nachprüfung der Versuche nicht unbedingt notwendig ist, so kann man sich statt dessen der nur in Wasser anzureibenden kolloidalen Kohle bedienen, die *C. F. Böhringer & Söhne*, Mannheim, unter dem Namen Carcolid in den Handel bringen. Noch einfacher ist es, die gewöhnliche Zeichentusche so mit Wasser zu verdünnen, daß sie bei Mischung mit gleichen Teilen Colpidienkultur keine Hüllenbildung hervorruft (etwa 2—3 Tropfen Pelikantusche auf 5 ccm Aqua dest.).

⁶⁾ Außerdem noch andere Stoffe, über die in der ausführlichen Arbeit berichtet werden wird.

bei der Hüllenbildung der Ciliaten und bei der Membranbildung der Metazoeieier, soweit sie experimentell auslösbar sind, weitgehende Parallelität besteht, die zahlreiche neue Perspektiven eröffnet.

Von den Ergebnissen meiner Versuche sei hier nur einiges Wenige zusammenfassend mitgeteilt.

Schüttelt man einige ccm einer kolloidalen Kohlelösung, die für sich keine Hüllenbildung hervorruft, mit etwas Chloroform, Benzol, Amylen oder einer andern der hierher gehörigen Substanzen, filtriert und setzt dann einen Tropfen des Filtrats zu einem Tropfen Colpidienkultur, so bilden sämtliche Tiere sofort prachtvolle Hüllen um sich aus. Je nach der Menge Benzol, Amylen oder dergl., die man gewählt hat (etwa 1 Teil auf 10—20 Teile Kohlelösung), wirkt das Filtrat zugleich mehr oder weniger giftig auf die Colpidien, so daß sie entweder noch innerhalb der Hüllen oder erst nach dem Ausschlüpfen außerhalb derselben sterben und cytolysieren. Man kann aber durch einiges Ausprobieren leicht die zu schüttelnde Mischung so abstimmen, daß die Tiere, wenn man sie nach der Ausscheidung der Hüllen wieder in Traubenzuckerlösung zurückbringt, ruhig leben bleiben.

Ebenso wie diese Stoffe rufen auch alle anderen als Membranbildner bekannten cytolytischen Agentien, wie gallensaure Salze, Saponin und andere Glukoside (z. B. Digitalin, Solanin) bei den Colpidien Hüllenbildung hervor. Auch Serum von Säugetieren (Kaninchen, Mensch) ist selbst noch in starken Verdünnungen, geeignet, Hüllenbildung auszulösen.

Als hervorragend gutes Mittel zur Erzeugung von Hüllen erwies sich Jod. Gibt man zu einem Tropfen Colpidienkultur + 1 Tropfen einer an sich nicht wirksamen Kohlelösung ein wenig Jod-Jodkalilösung oder stark mit Wasser verdünnte Jodtinktur hinzu, so erhält man sofort bei *allen* Individuen Hüllenbildung. Der Erfolg ist deshalb besonders schön zu übersehen, weil die Colpidien gleichzeitig unter Gelb- bis Braunfärbung getötet und in ihren Hüllen prachtvoll fixiert werden.

Durch die gleiche Versuchsanordnung läßt sich der Nachweis der Hüllenbildung auch für die oben erwähnten Koagulationsmittel führen. Man braucht zu der Mischung je eines Tropfens Colpidienkultur und Kohlelösung nur einen Tropfen $\frac{n}{100}$ — $\frac{n}{1000}$ AgNO_3 oder Phosphorwolframsäure $\frac{1}{2000}$ zuzusetzen, um alsbald Hüllenbildung zu erhalten.

Nicht so ohne weiteres gelingen die entsprechenden Versuche mit Fettsäuren. Als ich mit ihnen zu experimentieren begann, erhielt ich zunächst nur negative Resultate. Alle Glieder der Reihe bis zur Kapronsäure wurden geprüft, aber keines bewirkte bei direktem Zusatz zur Kohlelösung Hüllenbildung. Endlich fiel mir ein, daß bei den Loebischen Versuchen die Membranbil-

dung niemals in dem Fettsäure-Meerwasser-Gemisch stattfindet, wo die Konzentration der H-Ionen hemmend wirkt, sondern erst nach Rückverbringung der Eier in normales Seewasser. Ich modifizierte daher die Versuche so, daß ich gleiche Mengen (meist 0,5 ccm) Colpidienkultur und Buttersäurelösung bestimmter Konzentration ($n_{150} - n_{200}$) in Reagenzröhrchen mischte und dann in Abständen von 1 Minute jeweils einen Tropfen dieser Mischung zu je 2 ccm einer verdünnten Kohlelösung hinzusetzte, in der, wie durch Kontrollversuche vorher festgestellt war, nicht mit Buttersäure vorbehandelte Colpidien keine Hüllen ausschieden. Dabei zeigte sich dann, daß mit wachsender Buttersäure-Exposition bis zu 5—7 Minuten ein zunehmender Prozentsatz der Tiere nach Verbringen in die Kohlelösung Hüllen bildete, während bei längerem Verweilen in der Buttersäure das Ergebnis wieder ungünstiger wurde. Ähnliche Resultate lieferten auch die anderen Fettsäuren, so daß gerade die Versuche mit diesen Agentien sich besonders eindrucksvoll neben die analogen Versuche an Eiern stellen. In derselben Weise angestellte Versuche mit NH_3 und anderen Alkalilösungen ergaben, daß auch Basen für den Hüllenbildungsprozeß von Bedeutung sind, wie sich dies nach den entsprechenden Beobachtungen *Loebs* (1907, 1912, 1914) erwarten ließ.

Die Versuche *Loebs* und *Lillies* (1908) haben endlich auch gelehrt, daß bei Seeigel- und Seesterneiern rasche Erwärmung auf 34 oder 35° C ein wirksames membranbildendes Agens darstellt. Genau das gleiche gilt nun auch für Colpidium. Mischt man in einem Reagenzröhrchen einige ccm einer Colpidienkultur mit der gleichen Menge einer an sich unwirksamen, ungiftigen Kohlelösung und erwärmt die Mischung im Wasserbade rasch auf 34—35° C, so bilden die Colpidien sämtlich Hüllen, aus denen sie alsbald wieder ausschlüpfen, ohne sonst im mindesten geschädigt zu sein. Der Beweis, daß zu 100 % Hüllenbildung erfolgt ist, läßt sich leicht erbringen. Versetzt man nämlich 1 Tropfen der Mischung mit etwas Jod, so zeigt sich, daß alle Colpidien zwar sofort getötet werden, aber nackt daliegen, während bei Colpidien aus einer ebenso hergestellten, aber nicht erwärmten Kontrollmischung die Abtötung durch Jod von Hüllenbildung begleitet ist. Der Unterschied ist so zu erklären, daß die Colpidien, nachdem sie auf die Erwärmung hin ihren gesamten disponiblen Vorrat an Hüllensubstanz⁷⁾

⁷⁾ Während rasche Temperaturerhöhung zur Ausscheidung des gesamten disponiblen Hüllsubstanzvorrates führt, kann man mit Hilfe verschiedener Agentien bewirken, daß nur ein Teil dieses Vorrats abgegeben wird und demzufolge nach Jodzusatz sofort zum zweitenmal Hüllen gebildet werden. Die Versuche lassen sich auch dahin abändern, daß die Teilchen der Hüllsubstanz einzeln nacheinander abgeschieden werden. Man erhält dann überhaupt keine Hüllen mehr, sondern lauter isoliert daliegende Stäbchen (Fig. 7) in großer Zahl.

abgegeben haben, nicht sofort danach noch ein zweites Mal Hüllen bilden können.

Da die Colpidien nach der Erwärmung leben bleiben, ist es mit Hilfe dieser Methode leicht möglich, festzustellen, wie rasch sie die Substanz, die zum Aufbau der Hüllen dient, regenerieren. Man braucht nur aus einer derartig mit Kohlelösung versetzten und durch Erwärmung zur Hüllenbildung gebrachten Colpidienkultur in regelmäßigen Zeitabständen Tropfen zu entnehmen und auf dem Objektträger mit Jod zu fixieren. Es zeigt sich dann, wie Zählungen ergaben, daß bereits nach 2½—5 Stunden 50—70 % der Colpidien wieder zu erneuter Hüllenbildung fähig sind.

Wie schon oben bemerkt, scheint mir durch alle diese Versuche der Nachweis erbracht, daß es sich bei der experimentell veranlaßten *Hüllenbildung der Colpidien* und bei der *Membranbildung der Eier* im Verlauf der künstlichen Parthenogenese um Vorgänge handelt, die demselben *Erscheinungskomplex* angehören. Zahlreiche Stoffe bewirken in gleicher Weise hier und da, daß aus der Zelle Substanzen ausgeschieden werden, die diese hüllenartig umgeben. In den Einzelheiten sind diese Vorgänge selbstverständlich verschieden und ebenso die dabei entstandenen Hüllen selbst. Aber das *Wesen der Erscheinung* selbst läßt sich m. E. einheitlich begreifen. In einer kürzlich erschienenen Arbeit hat *Spek* (1920) den in nuce schon von *Loeb* an zahlreichen Stellen seiner grundlegenden Abhandlungen über chemische Entwicklungserregung angedeuteten Gedanken entwickelt, daß es sich bei der Membranbildung um einen *Entmischungsprozeß* handelt, bei dem aus dem komplexen Gemisch der Plasmakolloide eine Phase unter beträchtlicher Wasseraufnahme nach außen abgeschieden wird. Ganz ähnlich hat *Pappenheim* (1920) für die Supravitalfärbung der Lipide angenommen, daß dabei nicht etwa bereits präformierte Strukturen gefärbt werden, sondern Substanzen, die erst durch *tropfige Entmischung* aus dem Protoplasma frei werden. Dieselbe Betrachtungsweise läßt sich nun, wie mir scheint, auf die Hüllenbildung der Colpidien anwenden, um so mehr als sie den Beobachtungen vorzüglich gerecht wird. Mit Hilfe von Kohlelösungen, die einen Überschuß an Schutzkolloiden enthalten, gelingt es ja unmittelbar, die einzelnen Teilchen der bei dem tropfigen Entmischungsprozeß der Plasmakolloide nach außen abgeschiedenen Phase abzufangen, noch ehe sie Zeit haben, zu der kontinuierlichen Hülle zu verquellen, die sonst bei anderer Behandlung, z. B. mit Farbstoffen, entsteht.

Ich möchte aber hier diese theoretischen Erörterungen nicht länger ausspinnen. Die geschilderten Versuche bedeuten nur einen ersten Schritt, auf neuem Wege tiefer in die Erkenntnis der zellulären Lebensvorgänge einzudringen. Dabei versteht es sich von selbst, daß zunächst geprüft werden muß, wie weit sich ähnliche Er-

scheinungen im Reiche der Protisten, aber auch bei Metazoen nachweisen lassen. Ebenso wird zu prüfen sein, ob sich aus den neuen Beobachtungen und den Methoden, mit denen sie gewonnen wurden, für die Untersuchung verwandter Fragen aus den Gebieten der Botanik, Bakteriologie, chemischen Physiologie, Pharmakologie und Pathologie Nutzen ziehen lassen wird.

Literatur.

Delage, Y., Arch. de zool. expér. 4. Sér., 7, 1908, S. 445. — Fauré-Fremiet, E., Arch. Prot. 20, 1910, S. 223. — Herbst, C., Biol. Zentralbl. 13, 1893, S. 14, Mitteilungen a. d. Zool. Stat. Neapel 16, 1904, S. 445. — Hertwig, O. u. R., Über den Befruchtungs- und Teilungsvorgang des tierischen Eies unter dem Einfluß äußerer Agentien. Jena 1887. — Klebs, G., Z. wiss. Zool. 55, 1892, S. 398. — Lillie, R. S., Journ. of experim. Zool. 5, 1908, S. 375. — Loeb, J., Univ. California Publications 2, 1905, S. 380. Pflügers Arch. 118, 1907, S. 7. Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies. Berlin, J. Springer, 1909. Journ. of experim. Zool. 13, 1912, S. 577. Arch. f. Entwicklungsmech. 38, 1914, S. 409. — Oehler, R., Arch. Prot. 40, 1919, S. 16, ebenda 41, 1920, S. 34. — Pappenheim, A., Atlas der menschlichen Blutzellen I, Jena, G. Fischer, 1905. S. 196. Hämatologische Bestimmungstabellen, Leipzig, W. Klinkhardt, 1920, S. 73. — Scherff, A., Arch. Prot. 27, 1912, S. 100. — Spek, J., Kolloidchem. Beihefte 12, 1920.

Über den supraleitenden Zustand von Metallen¹⁾.

Bei verschiedenen Gelegenheiten hatte man gefunden, daß die Veränderung des elektrischen Widerstandes von Metalldrähten mit der Temperatur bei niedrigen Temperaturen ganz anders war als bei höheren. Häufig, z. B. bei Platin, nahm der Temperaturkoeffizient mit der Temperatur stark ab; zuweilen fand man einen Knickpunkt in der Kurve, die den Widerstand als Funktion der Temperatur darstellte. Natürlicherweise entstand hierdurch die Frage, wie der Widerstand sich in der unmittelbaren Nähe des absoluten Nullpunktes verhalten würde.

Gelegenheit, solche Untersuchungen auszuführen, bot sich für *Kamerlingh Onnes* an der Universität Leyden, nachdem ihm im Jahre 1908 gelungen war, Helium zu verflüssigen und mit Hilfe dieses verflüssigten Gases den sogenannten absoluten Nullpunkt, d. i. —273° C, fast zu erreichen.

Ausgehend von der Elektronentheorie der Elektrizitätsleitung der Metalle war *Lord Kelvin* schon im Jahre 1902 zu dem Schluß gekommen, daß der Widerstand beim absoluten Nullpunkt unendlich groß werden müsse. Der Dissoziationsgrad der Elektronen würde beim absoluten Nullpunkt Null sein können, freie Elektronen, sofern sie noch vorhanden wären, würden ihre Beweglichkeit verlieren oder, wie *Kamerlingh Onnes* sich ausdrückte, die Elektronen würden wie ein

Dampf auf den Metallatomen kondensieren und darauf festfrieren.

Es war bis dahin noch nicht geglückt, diese Theorie experimentell zu bestätigen. Das Minimum, welches man in der Widerstandskurve erwartete, war selbst bei Temperaturen des flüssigen Wasserstoffs (—253° bis —259°) nicht gefunden. Mit Hilfe des verflüssigten Heliums aber war die Möglichkeit gegeben, Untersuchungen im unmittelbaren Nachbargebiet des absoluten Nullpunktes auszuführen. Helium siedet bei Atmosphärendruck bei ungefähr —269° und bei einem Druck von 3 mm Quecksilbersäule bei —271,5°.

Die ersten Untersuchungen wurden an einem Draht aus reinem Platin von 0.1 mm Dicke vorgenommen, dessen Widerstand schon bei der niedrigsten Temperatur des flüssigen Wasserstoffs festgestellt war und der nun bei Heliumtemperaturen untersucht werden sollte. Der Draht war auf ein Glaszylinderehen gewickelt, die Enden waren in das Glas eingeschmolzen und mit langen Kupferdrähten verlötet, die mit einer Wheatstoneschen Brücke verbunden waren. Diese Drahtspule wurde in ein Glasgefäß gebracht, welches mit flüssigem Helium gekühlt werden konnte. Von der genaueren Beschreibung dieser recht verwickelten Einrichtung, welche weiter unten kurz als Kryostat bezeichnet werden soll, wollen wir absehen und uns nur mit den gefundenen Versuchsergebnissen beschäftigen.

Schon die Ergebnisse der ersten Messungen waren höchst überraschend, wie aus der nachstehenden Tabelle hervorgeht. (Die Temperaturen sind in Graden „Kelvin“ angegeben; d. h. es wird vom absoluten Nullpunkt ab aufwärts gezählt. 0° C entsprechen also 273° K.)

Absolute Temperatur		$\frac{W_t}{W_0}$
273,09° K	1
20,2°	} flüssiges H ₂	0,0171
14,2°		0,0135
4,3°	} flüssiges He	0,0119
2,3°		0,0119
1,5°		0,0119

W_t = gemessener Widerstand.

W_0 = Widerstand bei 0° C.

Es zeigt sich also keine Spur des zufolge der Betrachtung *Kelvins* erwarteten Minimums, dagegen von 4,3° K ab abwärts im ganzen Temperaturgebiet des Heliums ein sehr geringer und vollkommen gleichbleibender Widerstand. Dieses gänzlich unerwartete Ergebnis brachte *Kamerlingh Onnes* auf den Gedanken, daß vielleicht der Widerstand ganz reinen Platins beim absoluten Nullpunkt gleich Null sein könnte und der beobachtete konstante Restwiderstand durch Spuren von Verunreinigungen verursacht werde, die einem auf bekannte Weise gezogenen Platindraht noch anhaften. Zur Prüfung dieser An-

¹⁾ Nach einem Vortrag von C. A. Crommelin, Chem. Weekblad, Amsterdam 1919, S. 640.

nahme wurden die in verflüssigtem Wasserstoff gemessenen Widerstände von Gold graphisch nach dem Heliumgebiet extrapoliert. Diese Extrapolation machte es sehr wahrscheinlich, daß der Restwiderstand in der Tat von Beimengungen herrührte. Die Richtigkeit dieser Extrapolation wurde dann durch Messungen bei Heliumtemperatur bestätigt. Es zeigte sich, daß die Widerstände von Gold mit einem bekannten Gehalt von Beimengungen ebenfalls einen Restwiderstand hatten, und zwar einen um so größeren, je größer dieser Gehalt ist. Auf Grund hiervon kann man annehmen, daß der Widerstand von reinem Platin sowohl als von reinem Gold bei sehr niedriger Temperatur wenig oder vielleicht gar nicht von Null verschieden ist. Wenn diese Feststellungen auch noch keineswegs endgültig sind, so zeigt sich doch schon überzeugend, daß die eben erwähnte Theorie *Kelvins* aufgegeben werden mußte, ja, es ging aus den Versuchen auf das überzeugendste hervor, daß von einem Unendlichgroßwerden des Widerstandes keine Rede sein konnte.

Die fernere Untersuchung richtete sich nun darauf, die Annahme von dem Nullwerden des Widerstandes eines vollkommen reinen Metalles experimentell zu stützen. Aber unglücklicherweise sind gezogene Metalldrähte nicht so rein herzustellen, wie dies für die Untersuchung notwendig war, weil sie durch das Ziehen selbst stets verunreinigt werden. Im Quecksilber aber wurde ein Stoff gefunden, welcher, im Vakuum destilliert, in viel reinerem Zustand herzustellen war; dieses Metall wurde infolgedessen für die weiteren Untersuchungen gewählt. Das Verfertigen eines Quecksilberwiderstandes, welcher sich in ein Heliumbad bringen ließ, machte natürlich manche technische Schwierigkeiten. Das Quecksilber, welches in ein zickzackförmig gebogenes Kapillarrohr von ungefähr 0,005 qmm gebracht wurde, wird beim Gefrieren auseinandergerissen, da sich Quecksilber beim Abkühlen zusammenzieht, wenn hiergegen keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden. Diese Vorkehrungen bestanden im Anbringen von kleinen Quecksilberbehältern an den oberen Enden der Kapillare. Wird nun der Quecksilberdraht von unten nach oben langsam abgekühlt, dann können die Quecksilberbehälter bei der Zusammenziehung Quecksilber nachliefern und so verhüten, daß der Quecksilberfaden reißt. Auf diese Weise glückte es endlich nach vielen fruchtlosen Versuchen, Quecksilberwiderstände von genügender Größe (z. B. 172,7 Ohm bei 0°) herzustellen, die den Ansprüchen genügten. Die große Mühe und Arbeit, welche diese Anfertigung mit sich brachte, wurde aber durch die Ergebnisse reichlich belohnt. Der Widerstand stellte sich bei Heliumtemperatur als unmeßbar klein heraus; das Merkwürdigste war aber, daß der Widerstand bis kurz unter 4,2° K von einem noch meßbaren Betrag ganz sprungweise zu einem Werte herabging, der prak-

tisch gleich Null gesetzt werden konnte. Die Temperatur, bei welcher dies geschieht, wird die *Springpunkttemperatur* genannt. Eine Messung des Widerstandes (soweit dieser noch besteht) unterhalb 4,2° K war nicht mehr möglich; es konnte nur festgestellt werden, daß z. B. bei 2,45° K $\frac{W_t}{W_0} < 2 \times 10^{-10}$ war. Diesen Zustand anscheinend unendlich großer Leitfähigkeit nennt *Kamerlingh Onnes* den *supraleitenden Zustand*.

Es drängten sich nun sogleich allerlei Fragen auf: Ist in dem supraleitenden Zustand der Widerstand wirklich gleich Null oder ist er nur äußerst gering? Kann überhaupt noch von Widerstand gesprochen werden, und gilt alsdann das Gesetz von *Ohm* noch?

Es ist noch nicht geglückt, auf alle diese Fragen eine befriedigende Antwort zu geben, aber es traten bei den Versuchen merkwürdige Erscheinungen auf, die die Erkenntnis des Wesens des supraleitenden Zustands weitgehend aufklärten. Beim Versuch, durch Steigerung der Stromstärke in einem supraleitenden Quecksilberdraht festzustellen, ob sich Wärme entwickelt, zeigte sich, daß für jeden bestimmten Quecksilberdraht bei jeder Temperatur von einem Grenzwert des Stromes gesprochen werden konnte, unterhalb dessen von einer Wärmeentwicklung nichts zu bemerken war. Man konnte bei einigen Drähten den Strom bis zu einer Dichte von 1200 Ampère aufs qmm steigern, ohne daß ein Spannungsunterschied zwischen den Enden des Drahtes zu bemerken war, und ohne daß der Draht normalleitend wurde. Oberhalb des Grenzwertes entwickelt sich plötzlich Wärme, und der Draht verliert die Eigenschaft als Supraleiter. Ob man es hier nun mit der gewöhnlichen Joulewärme im ganzen Draht zu tun hat, verursacht durch die Tatsache, daß auch im supraleitenden Zustand noch ein Restwiderstand übrig geblieben ist, oder mit Wärme, die sich nur an schlechten Stellen des Drahtes entwickelt und von dort aus den ganzen, unendlich leitenden Draht durchsetzt, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden; doch war sicher, daß die Wärme nicht von den Zuleitungsdrähten herrührte. *Kamerlingh Onnes* war der Meinung, daß die schlechten Stellen wohl die Ursache der Wärmeentwicklung sein könnten. Der einzige Einwand gegen diese Auffassung liegt in dem regelmäßigen Auftreten der Erscheinung. Den im supraleitenden Zustand übrig bleibenden Widerstand, einerlei ob dieser von den schlechten Stellen herrührt oder nicht, nennt *Kamerlingh Onnes* den *Mikroresidualwiderstand*. Es wurde ferner beobachtet, daß der Grenzwert mit der Temperatur sank, und daß der Springpunkt mit der Stromstärke schwankt, d. h. daß er tiefer wird bei größerer Stromstärke, was wahrscheinlich durch gewöhnliche Wärmeentwicklung zu erklären ist. Schließlich wurde festgestellt, daß oberhalb des Springpunktes das Gesetz von *Ohm* gültig ist.

Einzelheiten der sehr ausgebreiteten und schwierigen Messungen müssen hier natürlich übergangen werden. Sucht man den Ursprung des mikroresidualen Widerstandes des Quecksilbers in Verunreinigungen, dann sollte man entsprechend den oben mitgeteilten Wahrnehmungen bei Gold zu dem Schluß kommen, daß das „reine“ Quecksilber an Verunreinigungen nur ein Millionstel von dem enthält, was in „reinem“ Gold vorhanden ist. Aber dies ist schwer anzunehmen. Als man in diesem Zusammenhang Quecksilber mit Gold vergleichen wollte und dazu mit Quecksilber Messungen ausführte, welches absichtlich mit Gold oder Kadmium stark verunreinigt war, stellte sich überraschenderweise heraus, daß auch dies sehr unreine Quecksilber supraleitend war.

Nächst dem Quecksilber wurden noch Blei und Zinn untersucht. Zinn wurde im Vakuum geschmolzen und danach in eine Glaskapillare gegossen. Es wurde bei Heliumtemperaturen supraleitend, und sein Springpunkt lag bei $3,78^\circ \text{K}$, also tiefer als der Springpunkt des Quecksilbers. Der des Bleis scheint viel höher zu liegen. Bei Wasserstofftemperaturen ist Blei noch normalleitend, erst bei Heliumtemperaturen wird es supraleitend. Sein Springpunkt lag zu hoch, um in flüssigem Helium bestimmt werden zu können (vermutlich bei ungefähr 6°K). Bemerkenswert ist, daß amalgamiertes Zinn, dessen Springpunkt bei $4,29^\circ$ liegt, bei höherer Temperatur supraleitend wird als seine Bestandteile Zinn und Quecksilber.

Außer Quecksilber, Blei und Zinn sind noch einige andere Metalle untersucht, besonders um zu erforschen, ob vielleicht Metalle zu finden seien, die in flüssigem Helium noch einen ausreichenden Temperaturkoeffizienten besitzen, um als Widerstandsthermometer bei den niedrigsten Temperaturen brauchbar zu sein. Diese Untersuchung, welche aber nur einen orientierenden Charakter hat, zeigte, daß Eisen, Kadmium und Kupfer in flüssigem Helium einen gleichbleibenden Widerstand besaßen, welcher wahrscheinlich als Restwiderstand aufzufassen ist wie bei Gold und Platin, daß dagegen die Legierungen Konstantan und Manganin einen ausreichenden Temperaturkoeffizienten besitzen und so für die Herstellung von Widerstandsthermometern in Betracht kommen können.

Aus all diesen Untersuchungen kann man mit großer Wahrscheinlichkeit schließen, daß es noch andere Metalle gibt, die den supraleitenden Zustand zeigen, deren Untersuchung allerdings auf Schwierigkeiten stoßen wird, weil diese Metalle schwerlich ganz rein zu erhalten sein werden.

Von Interesse ist auch eine Möglichkeit, die *Kamerlingh Onnes* ins Auge gefaßt, aber noch nicht praktisch geprüft hat. Das ist die Herstellung von sehr starken elektromagnetischen Feldern. Theoretisch ist es möglich, eine unbegrenzt große Feldstärke zu erhalten, wenn man nur eine genügende An-

zahl Ampèrewindungen ohne Kern um den Raum, in dem man das Feld erzeugen will, anzubringen weiß. Eine Feldstärke von 100 000 Gauß mittels Drahtspulen, die mit flüssiger Luft gekühlt werden, wird sich verwirklichen lassen, doch ist berechnet worden, daß, wegen der nötigen Mengen flüssiger Luft, welche die entwickelte Joulewärme abführen soll, die Kosten fast ebenso hoch sein würden wie für ein Kriegsschiff. Anders würde die Sache werden, sobald man eine Drahtspule aus supraleitendem Metall anwendet. Wie schon gesagt, kann man durch eine Drahtspule von Quecksilber einen Strom von 1200 Amp. aufs Quadratmillimeter oder durch einen Draht von supraleitendem Blei einen Strom von 560 Amp. schicken, ohne daß der Draht seinen supraleitenden Charakter verliert und ohne daß Joulewärme entwickelt wird, wenn man nur sorgt, daß keine Wärmestrahlung oder -zu-leitung den Draht erreichen kann, so daß die Stromstärke unter dem Schwellenwert bleibt.

Eigenartig ist auch die Überlegung, daß man eine solche Spule ruhig auf Metall wickeln kann, vorausgesetzt, daß das Metall selbst nicht supraleitend wird. Ja, ein gewöhnliches Metall verhält sich gegenüber einem supraleitenden Metall wie ein Isolator. Es ist kein Zweifel, daß mit einer supraleitenden Spule von etwa 30 cm Durchmesser und mit Hilfe der Leydener Heliumeinrichtung und deren Erweiterung mit sehr geringen Kosten ein Magnetfeld von 100 000 Gauß sich verwirklichen ließe.

Mit Rücksicht auf die bekannte Erscheinung, daß der Widerstand von manchen Metallen zunimmt, sobald man sie in ein magnetisches Feld bringt, versuchte *Kamerlingh Onnes*, ob das magnetische Feld auch einen Einfluß auf die Supraleitfähigkeit der Metalle habe. Die Versuche wurden mit Zinn- und Bleidraht ausgeführt; bei beiden Metallen trat plötzlich ein Widerstand auf, und es verlor der Draht seinen supraleitenden Charakter, sobald das Feld eine gewisse Stärke, die aber für verschiedene Temperaturen nicht ganz dieselbe war, erreicht hatte. Das Ansetzen eines Magnetfeldes hatte also denselben Einfluß wie das Erwärmen des Drahtes, und man kann also auch bei dem magnetischen Felde von einem Schwellenwert sprechen.

Wir kommen nun zu der Beschreibung eines besonders merkwürdigen Versuches, der die Dauer eines Stromes in einem Supraleiter zeigen soll, ein Versuch, der allerdings nichts grundsätzlich Neues zutage brachte, der aber trotzdem so überraschend war, daß bis vor kurzer Zeit niemand von der Möglichkeit eines solchen geträumt haben würde.

Eine kleine, in sich geschlossene Bleidrahtspule von 1000 Windungen von $\frac{1}{70}$ mm Querschnitt hatte bei Zimmertemperatur einen Widerstand von 734 Ohm. Ihre Relaxationszeit, d. i. die Zeit, in welcher der in einer solchen Spule durch In-

duktion erzeugte Strom wieder verschwindet, beträgt rechnerisch $\frac{1}{70\,000}$ Sekunde. Der mikroresiduale Widerstand war schätzungsweise bei $1,8^\circ\text{ K}$ mehr als 2×10^{10} mal kleiner als bei Zimmertemperatur, und die Relaxationszeit muß dementsprechend bei $1,8^\circ\text{ K}$ mindestens von der Größenordnung eines Tages sein. Der Versuch wurde folgendermaßen ausgeführt: die Spule wurde in den Kryostat eingesetzt und dieser zwischen die Pole eines sehr großen Elektromagneten gestellt, die Windungsfläche senkrecht zu den Kraftlinien, so daß die Windungen ein Bündel von Kraftlinien umfassen. Nachdem ein Magnetfeld von 400 Gauß erregt und die Spule in den supraleitenden Zustand gebracht war, wurde das Feld in ungefähr 10 Sekunden auf 200 Gauß abgeschwächt und darauf der Magnet in ungefähr 5 Sekunden weggenommen. Die Anzahl Kraftlinien, welche durch die Spule umfaßt wurden, wurde in kurzer Zeit auf ungefähr 0 gebracht, wodurch in dem Draht ein Induktionsstoß und damit ein Strom erregt wurde. Die elektromagnetische Wirkung dieses Stromes konnte mit Hilfe einer Magnetnadel wahrgenommen werden, welche in kurzem Abstand vom Kryostat aufgestellt war. Das Erdmagnetfeld war mit Hilfe eines auf geschickte Weise aufgestellten Stahlmagneten ausgeglichen. *Es zeigte sich nun, daß der induzierte Strom wirklich am Umlaufen blieb*; genau konnte die Stromstärke auf diese Weise natürlich nicht gemessen werden, aber doch konnte man feststellen, daß sie ungefähr 0,6 Amp. betrug, also noch unter dem Grenzwert von 0,8 Amp., wofür bei der Vorbereitung der Probe auch gesorgt war. Auch das magnetische Feld durfte natürlich einen Grenzwert nicht erreichen, da dann der Draht normalleitend geworden und der Strom in kurzer Zeit verschwunden wäre. Es versteht sich von selbst, daß eine so überraschende Erscheinung durch Kontrollproben und durch Abänderung der Versuchsbedingungen sichergestellt worden ist. Auch wurde die Strommessung durch die Magnetnadel verbessert, so daß eine Genauigkeit von ungefähr 2% erreicht werden konnte. Hierdurch wurde schließlich festgestellt, daß die Verminderung der Stromstärke weniger denn 1% pro Stunde betrug, woraus folgte, daß die Relaxationszeit mehr als vier Tage betragen mußte.

Wenn man annimmt, daß der mikroresiduale Widerstand dem Gesetz von *Ohm* gehorcht (was, wie bereits oben bemerkt, aber keineswegs sicher ist), findet man für Blei, daß dieser Widerstand den 0,3 bis $0,2 \times 10^{-10}$ ten Teil des Widerstandes bei gewöhnlicher Temperatur beträgt.

Um aber jeglichen Zweifel, ob nicht das beobachtete elektromagnetische Feld von der Messingmontierung der Drahtspule herrührt, über deren magnetische Eigenschaften bei Heliumtemperatur von vornherein nichts bekannt ist, auszuschließen, führte *Kamerlingh Onnes* die folgende geistreiche Probe aus: Die beiden Drahtenden der Bleispule wurden so aneinander gelötet, daß sie innerhalb

des Kryostaten von außen mit einem Drahthäkchen an einer bestimmten Stelle zerrissen werden konnten. Beiderseits dieser Reißstelle war ein Draht angelötet, welcher zu einem ballistischen Galvanometer führte. Nachdem ein dauernder Strom in der Spule induziert war, wurde der Draht durchgerissen. Der Strom mußte nun seinen Weg durch das Galvanometer nehmen und dort einen ballistischen Ausschlag verursachen. In der Tat, beinahe in demselben Augenblick, als der Ausschlag zustande kam, hatte der Strom aufgehört infolge des Umstandes, daß nun ein gewöhnlicher Widerstand in den Stromkreis eingeschaltet war. Aus dem Ausschlag konnte berechnet werden, daß ein Strom von ungefähr 0,3 Amp. durch den Bleidraht gegangen war.

Zum Schlusse soll noch ein Versuch mitgeteilt werden, der auf eine Anregung von Professor *Ehrenfest* zurückzuführen ist, nämlich an Stelle der zahlreichen Windungen der Drahtspule einen dicken Bleiring zu setzen; der hierin induzierte Dauerstrom mußte nach Lage der Sache sehr stark werden können. Dies war in der Tat der Fall. Ein Strom von 320 Amp. bei einer Dichte von 30 Amp. aufs Quadratmillimeter (bei der Spule war die Dichte 49 Amp.) wurde wahrgenommen; er blieb während einer halben Stunde auf weniger als 1% konstant.

Kamerlingh Onnes nennt diese Dauerströme in supraleitendem Metall *Nachahmungen von Ampèreströmen*. *Ampère* hatte nach Anleitung der durch *Oerstedt* und ihn selbst gemachten Entdeckungen über den Zusammenhang zwischen Magnetismus und Elektrizität die Hypothese aufgestellt, daß das Feld in der Nachbarschaft eines magnetischen Körpers durch eine Anzahl äußerst kleiner Kreisströme hervorgerufen wird, die ungedämpft in oder um die Molekeln herumlaufen, und daß Magnetisieren nichts anderes sei als das Parallelrichten dieser molekularen Ströme; diese Hypothese machte es möglich, die Eigenschaft von paramagnetischen Körpern auf die Wirkung von elektrischen Strömen zurückzuführen. Auch die Elektronentheorie hat im Grunde an dieser Auffassung festgehalten, in dem Sinne natürlich, daß hier die elektrischen Ströme aufgefaßt werden als innerhalb der Atome umlaufende Elektronen. Schon zur Zeit *Ampères* hatte man aber Bedenken gegen diese Hypothese der widerstandslosen ungedämpften Ströme, weil man kein Beispiel von solchem kannte. Um so merkwürdiger mag es nun erscheinen, daß die hypothetischen Molekularströme *Ampères* durch die oben besprochenen Versuche in gewöhnlichen Metalldrähten nachgebildet werden können. In dieser Verbindung soll noch kurz auf die Aufsehen erregenden Versuche hingewiesen werden, die im Jahre 1915 durch *Einstein* und *W. J. de Haas* ausgeführt worden sind. Durch eine äußerst sinnreiche Einrichtung der Versuche ist

es diesen Forschern nämlich geglückt, experimentell zu beweisen, daß die Molekularströme oder umlaufende Elektronen in einem permanenten Magneten wirklich bestehen, so daß damit die alte Hypothese von *Ampère* wieder in voller Ehre hergestellt ist. W. Normann.

Besprechungen.

Goldschmidt, R., Einführung in die Vererbungswissenschaft. Leipzig, W. Engelmann, 1920. Dritte neu bearbeitete Auflage. XII, 519 S. und 178 Textfiguren. Preis geh. M. 44,—; geb. M. 56,—.

Nach 7 Jahren Pause erscheint wieder eine Neuauflage von *Goldschmidt's* Einführung in die Vererbungswissenschaft, nach 7 Jahren, in denen sich unsere Anschauungen auf diesem Gebiete weitgehend gewandelt und das Tatsachenmaterial sich schier ins Unendliche gehäuft hat. Wenn trotzdem die Übersichtlichkeit über das große Gebiet eher zu- als abgenommen hat, so ist dies als einem der ersten dem Verf. dieses Buches zu danken, der sich nie in kleinlichen Arbeiten verlor, sondern dem stets der Zusammenhang mit dem Ganzen die Hauptsache blieb. Kein Berufener konnte daher eine Einführung in seine Wissenschaft schreiben. Nach dem Untertitel richtet sich das Buch an Studierende, Ärzte und Züchter, und für diese empfiehlt sich das Buch besonders durch die klare, überzeugende Schreibweise, durch die logische Entwicklung des einen aus dem anderen und durch die Vollständigkeit des Materials. Aber auch kein Vererbungsforscher wird ohne das Buch auskommen können wegen der Fülle von neuen Tatsachen, die der Verf. in den letzten Jahren gesammelt und zum Teil hier zum ersten Male veröffentlicht hat sowie der neuen Deutungen, die er seinen und fremden Untersuchungen gibt und die Licht auf die schwierigsten Probleme der Vererbung zu werfen geeignet scheinen. Daß sie keinem Widerspruch begegnen werden, ist nicht zu erwarten, aber auch gar nicht zu wünschen: nichts fördert mehr als Anregung zu diesem.

Aus dem Inhalte sei nur das wichtigste Neue hervorgehoben. Zum ersten Male finden wir in einem deutschen Lehrbuch den durch die Untersuchungen der Morganschen Schule fest grundierten Zusammenhang zwischen Chromosomen und Erbinheiten vollständig durchgeführt. Eine Konsequenz derselben stellen die multiplen Allelomorphe dar, also mehr als 2 (*A, a*) Zustände desselben Gens, die einander vertreten können (nämlich *A', A'', A''', . . .*) und miteinander mendeln. Wenn diese multiplen Allelomorphe auch von der Morgansche Schule zahlreich gefunden sind, so zieht doch der Verf. als erster die Konsequenz, daß es sich um quantitativ verschiedene Zustände desselben Gens dabei handeln muß, wobei die Quantität eine Funktion der Reaktionsgeschwindigkeit ist, mit der die Enzyme oder ähnliche Substanzen wirken. Auf diese Weise läßt sich auch die Dominanz erklären: wenn dem einen Allelomorph eine solche Reaktionsgeschwindigkeit zukommt, daß es einen bestimmten Zustand schneller erreicht als das andere Allelomorph, so dominiert es. Da nun die Reaktionsgeschwindigkeiten durch äußere Einflüsse verschiebbar sind, erklärt sich Dominanzwechsel und dergl. Der Verf. kommt zu diesen Resultaten auf Grund seiner Versuche mit geographischen Rassen des Schwammspinners. Diese geben auch eine entsprechende Erklärung des Gynandromorphismus und der Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. Ein

großer Vorteil dieser Auffassung des Vererbungsmechanismus gegenüber der unendlich unflexiblen Presence-Absence-Hypothese ist die experimentelle Prüfbarkeit.

Von komplizierteren Mendelspaltungen werden die Lethalfaktoren, die bei den verschiedensten pflanzlichen und tierischen Objekten in den letzten Jahren gefunden, und die das Auftreten bestimmter Typen hindern, näher behandelt. Hier finden wir unter anderem die neue Deutung, die der merkwürdige Fall der Spaltung gefüllter und ungefüllter Levkojen gefunden hat. Danach liegt hier keine Koppelung vor, wie es die Entdeckerin angenommen hat, sondern ein lethaler Faktor bedingt die absonderlichen Zahlenverhältnisse.

Diese kleine Blütenlese aus dem reichhaltigen Inhalte möge genügen, um das wertvolle Buch zu charakterisieren. Wir können danach nur mit dem Verhoffen, daß das Buch dazu beitragen möge, dem „erfolgreichsten und aussichtsreichsten Zweig der neueren Biologie den leider bei uns noch fehlenden wissenschaftlichen Nachwuchs zu gewinnen“.

G. v. Ubisch, Heidelberg.

Stromer, Ernst, Paläozoologisches Praktikum. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1920. VI, 104 S. und 6 Abb. Preis M. 10,—.

Das kleine Buch bringt eine Zusammenstellung aller wesentlichen Kenntnisse über das Sammeln und die gebräuchlichen Präparationsmethoden fossiler Tierreste. Da es in Deutschland an einem handlichen Buch über die Praxis des Paläontologen bisher fehlte, wird es vielen willkommen sein. Ich würde es für empfehlenswert halten, jedem Präparator das „Praktikum“ zu geben, damit er es lesen und gelegentlich auch ergänzen kann. Besonders geeignet ist es aber für den angehenden Sammler, den es zur Vorsicht mahnen und vor unbedachtem Übereifer bewahren wird.

Abel, O., Lehrbuch der Paläozoologie. Jena, G. Fischer, 1920. XVI, 500 S. und 700 Abb. Preis geh. M. 40,—; geb. M. 49,—.

Kein Buch läßt die Neubelebung der gesamten Paläontologie durch die Paläobiologie besser hervortreten als dies Lehrbuch — kein Forscher war aber auch besser geeignet als gerade *Abel*, eine neue Paläontologie zu schreiben. Er mußte sie sogar verfassen; er als der geistige Vater der Paläobiologie mußte den Nutzen seiner Richtung, der angezweifelt worden war, für die Gesamtwissenschaft beweisen.

Zwei Dinge fallen dem unbefangenen Beurteiler des Buches vor allem auf. Einmal fangen die toten Zeugen der Vergangenheit an zu leben. Sie sind nicht mehr zerrissene Hartteile, denen übel mitgespielt worden ist, auch nicht mehr Nummern in einem langweiligen, wenn auch leider notwendigen Zettelkatalog. Es sind wieder Tiere, wirklich lebendige, oft fremdartige Tiere geworden; *Abels* Gestaltungsfreude und -kraft hat sie zu neuem Leben erweckt. Das zweite ist die Absicht des Verfassers, auf die er im Vorwort hinweist, die Fragen in den Vordergrund zu stellen. Die Paläontologie hat viel mehr ungelöste Rätsel als jeder andere Zweig der beschreibenden Naturwissenschaften; jeder Tag kann ihr die größten Überraschungen bringen, kann alle Theorien, alle Systematik umwerfen. Und ist das nicht das Schönste an unserer Wissenschaft? Dies geheimnisvolle Locken, das der Schatzgräber bei jedem Spatenstich empfindet, das seine Sinne stets gefesselt hält, genießt der Paläontologe fortwährend. Und es ist herrlich, diese Forscherfreude der jungen Generation einzupflanzen, ihr nicht allein die Tatsachen, sondern vor allem die viel zahlreicheren Fragen vorzutragen, damit sie mitarbeiten lernt.

Als ich die Korrekturbogen des Werkes in der Hand hielt und mit dem Verfasser durchsprach, empfand ich sofort, wie viel prachtvolles Temperament, wie viel ansteckende Lehrfreude aus seinen Worten klang. Mag *Abel* vielleicht zu weit gegangen sein, mag er hier und da ein wenig mehr Systematik einarbeiten müssen (darüber wird ja wohl jeder Forscher anderer Ansicht sein), das ändert an dem Gesamturteil nichts, daß hier das lebensvollste, frischeste und anregendste Lehrbuch der Paläozoologie vorliegt, das es in irgendeiner Sprache der Erde gibt. Ein *Deutscher* schrieb es — wir wollen und können stolz darauf sein!

Seldlitz, W. v., Revolutionen in der Erdgeschichte.
Jena, G. Fischer, 1920. 42 S., 3 Abb. im Text und 1 Tabelle. Preis geh. M. 6,—.

Das Buch setzt sich die Aufgabe, auf den Zusammenhang zwischen den Perioden langsamer und rascher Umgestaltung unserer Erdrinde einerseits, der Umbildung des Tierlebens der Vorzeit andererseits hinzuweisen. Der Verfasser hat aus einer ziemlich reichen Literatur zusammengestellt, was er für diesen Gedanken fand, über den sich noch manches Wort sagen ließe. Wir sind im allgemeinen noch sehr weit davon entfernt, uns ein klares Bild über die „Zyklen“ der Erdgeschichte und der Umbildung des Lebens zu machen; die Einzeldurcharbeitung fehlt überall und die Gegenwart ist mit ihnen wenigen, immer wieder zitierten Beispielen zu kurz, um die Einflüsse erkennen zu lassen. Vielleicht regt das kleine Buch dazu an, einzelne Beispiele schärfer ins Auge zu fassen.

Fr. Drevermann, Frankfurt a. M.

Zuschriften an die Herausgeber.

Ihrer freundlichen Einladung folgend, berichte ich kurz

Über Meermühlen.

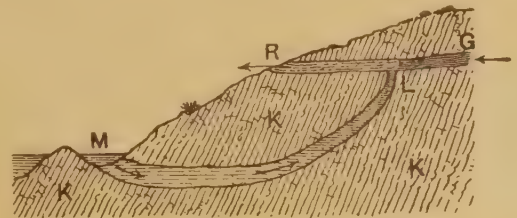
Vor einiger Zeit las ich wiederholt, daß man an der norddeutschen Küste Meermühlen gefunden habe; ich ging der Sache nach und fand diese Bezeichnung ganz irrig, da diese Funde *Strudellöcher* (Riesentöpfe) sind, wie solche von Westerweyhe bei Ulzen (Preußen) durch *G. Berendt* im Fayencemergel und von der felsigen Nordküste der Insel Gotland schon lange bekannt sind. Es sind dies paraboloidische oder zylindrische Vertiefungen, welche festere Gesteinsbrocken — Reibsteine — infolge von Wasserwirbeln, durch Wellenspiel oder Brandung im Gestein ausgearbeitet, ausgestrudelt haben. Man findet solche Strudellöcher häufig am Festlande, überall dort, wo Reibsteine in wirbelnde Bewegung kamen oder sind, besonders bei Stromschnellen und Wasserfällen, sehr häufig in Gegenden, die einst vergletschert waren. Das sind keine Meermühlen, sie sind da wie dort Strudellöcher.

Die *eigentlichen Meermühlen* sind eine ganz andere Erscheinung, die mit den Strudellöchern gar nichts gemein haben. Sie sind sehr selten und an die Küsten der Karstländer gebunden bzw. mit deren Höhlensystem in innigem Zusammenhang stehend. Das Meerwasser verschwindet im zerklüfteten Karstkalk und kommt an dieser Stelle nicht wieder zum Vorschein. Ein ewiges Verschwinden ohne Zutagetreten des Wassers ist füglich nicht denkbar, da sich auch das größte Höhlensystem unterhalb des Seespiegels im Laufe der Jahrtausende mit Wasser gefüllt haben müßte. Das Wasser muß also irgendwo wieder zutage treten.

Am längsten und am besten bekannt sind die Meermühlen von Argostoli, der Hauptstadt der jonischen Insel Kephallonia; dort verschwinden täglich 58 300 m³ Meerwasser in einer schrägen Rinne, in welcher einige Wasserräder Mühlen treiben. Höher treten Brackwasserquellen aus dem Gebirge.

Die Erklärung der Entstehung dieser und solcher Meermühlen ist schwierig, da Untersuchungen und Messungen der Einzelheiten fehlen. Am einfachsten ist die von *Wibel*, die ich an der Hand des bestehenden schematischen Bildes wiedergebe und die einen negativen Druck, eine Injektorwirkung, in der Höhlenröhre *GR* voraussetzt. Sie war zuerst mit rasch ausfließendem Süßwasser gefüllt und steht mittels des Höhlensystems *LM* mit der Meermühle *M* im Zusammenhang. Infolgedessen entwickelte sich in *GR* bei *L* ein negativer Druck, wodurch das Meerwasser von *M* bis *L* angesaugt wurde und das Süßwasser durch Mischung brackisch wurde. Tatsächlich sind auch auf der Insel Brackwasserquellen bekannt, deren summarische Tagesergiebigkeit größer als 58 300 m³ sein müßte. Leider fehlen Messungen — der Hypothese fehlt die überzeugende Stütze.

Der hochverdiente Münchener Geograph *S. Günther* ergänzte diese Hypothese damit, daß er einen sogenannten Sprungkegel voraussetzt; d. i. „Wenn eine in auf-



Eine Meermühle bei *M*.

steigender Bewegung befindliche Flüssigkeit gezwungen wird, in einen Hohlraum von weit geringerer Öffnung einzutreten, so steigt sie in diesem weit höher an, als sie ohne diesen Zwischenfall angestiegen wäre. Da also, wo das Meerwasser gewaltsam in enge Felschluchten hineingepreßt wird, macht sich der Sprungkegel geltend.“

Ganz anders lautet die Erklärung der Meermühle von Argostoli von *F. W. Crosby* und *W. A. Crosby*, welche die ungleiche Dichte des Wassers infolge verschiedener Temperatur voraussetzen. Das Wasser im Fels wird erwärmt, bekommt dadurch Auftrieb und ist spezifisch leichter als das zufließende Meerwasser. Dieses wird deshalb im kommunizierenden Rohr schwerer sein als das erwärmte Wasser im anderen Schenkel, weshalb eine Landeinwärtsbewegung erfolgt, die auch durch den Dichteunterschied infolge des verschiedenen Salzgehaltes zwischen Meer- und Süßwasser erhöht wird, wodurch das Gewicht des marinen Schenkels noch größer wird, welche Ergänzung dieser Dichtehypothese von *M. L. Fuller* herrührt. Auch hier fehlen nicht bloß die Mengen-, sondern auch die Temperaturmessungen. Da wie dort müßte auch der Salzgehalt des Meer- und des brackischen Wassers und die Höhenlage der Quellen bestimmt werden, wenn wir einen klaren Einblick in das physikalische Problem der Meermühlen gewinnen wollen.

Wien, den 22. Dezember 1920.

H. Höfer v. Heimhalt.

X. Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege in Berlin.

(3. und 4. Dezember 1920.)

I. Landgerichtsrat Dr. Wolf, Justitiar der Staatlichen Stelle, spricht über das *Gesetz vom 8. Juli 1920 zur Änderung des Feld- und Forstpolizeigesetzes vom 1. April 1880*.

Durch die in diesem Jahre erfolgte Abänderung des § 34 des Feld- und Forstpolizeigesetzes vom 1. April 1880 ist ein wesentlicher Fortschritt auf dem Gebiet des gesetzlichen Schutzes der Pflanzen- und Tierwelt erreicht worden. Dieser Paragraph stellte in der alten Fassung die Übertretung der zum Schutze *nützlicher* und zur Vernichtung *schädlicher* Tiere oder Pflanzen erlassenen Polizeiverordnungen unter Strafe. Es war auf Grund dieses Paragraphen schon früher möglich, Pflanzen und Tiere, falls sie als nützlich angesprochen werden konnten, zu schützen. So wurde die schöne Stranddistel (*Eryngium maritimum* L.), die besonders in der Umgebung der Seebäder gefährdet war, durch Polizeiverordnungen geschützt, indem auf die Bedeutung der Pflanze für die Dünenbefestigung hingewiesen wurde. Durch die Abänderung des § 34 ist das Kriterium der Nützlichkeit von Pflanzen und Tieren aus dem Gesetz beseitigt und damit für Schutzbestimmungen freie Bahn geschaffen worden. In seiner neuen Fassung lautet der § 34: Die zuständigen Minister und die nachgeordneten Polizeibehörden können Anordnungen zum Schutz von Tierarten, Pflanzen und von Naturschutzgebieten sowie zur Vernichtung schädlicher Tiere und Pflanzen erlassen, und zwar auch für den Meeresstrand und das Küstenmeer. Damit ist also die Möglichkeit der Sicherung ganzer Naturschutzgebiete, ganzer Gelände zum Schutz der Tier- und Pflanzenwelt gegeben; aber auch *einzelne* hervorragende Bäume, seltene Pflanzen und Tiere können durch entsprechende Verordnungen geschützt werden. Die Staatliche Stelle wird Listen von Naturschutzgebieten und Naturdenkmälern, die *allgemein* oder nur in einzelnen Gebieten in Schutz genommen werden sollen, aufstellen.

II. Der Biber an der Elbe und sein Schutz. Museumsdirektor Prof. Dr. Mertens (Magdeburg).

Der Biber ist ein hervorragendes Naturdenkmal des Tierreichs. Ursprünglich war er in Mitteleuropa nicht selten; noch im Mittelalter war er in den meisten Gewässern anzutreffen. Heute beschränkt sich sein Vorkommen in Europa auf eine kleine Kolonie (ca. 20 Stück) im Rhonedelta, auf eine größere (etwa 200 Exemplare) in Norwegen, auf einzelne Siedlungen in Rußland (Litauen, Pripetsümpfe, Südrußland) sowie auf die bekannte, recht starke Kolonie an der mittleren Elbe. Diese erstreckt sich ungefähr von der Mündung der Schwarzen Elster bis nach Magdeburg, und zwar bis in die Stadt hinein; doch ist 1914 ein südlicheres Vorkommen (im Grenzbach zwischen Provinz und Freistaat Sachsen) festgestellt. Das ganze Gelände, ein Teil des alten Urstromtals, in dem die Elbe zahlreiche Altwässer und Seen bildet, ist vorzüglich zum Aufenthalt für den Biber geeignet.

Früher vogelfrei, wurde das Tier zu Anfang unseres Jahrhunderts als *jagdbares* Tier anerkannt, und zuerst 10 Monate, dann das ganze Jahr geschont. Die Folge davon war eine starke Vermehrung der Kolonie; sie dürfte heute 200 Tiere zählen, so daß ein Aussterben des Bibers vorläufig nicht zu befürchten ist. Die

Inzuchtfrage wird nicht brennend, solange die Tiere die natürlichen Lebensbedingungen haben.

Immerhin bestehen noch genug Gefahren für den Biber. Er wird oft von den Menschen, die Unkenntnis vorschnitten, erschlagen oder geschossen. Häufig fängt er sich in den Reusen und Netzen der Fischer. Am gefährlichsten werden ihm Naturereignisse, besonders Hochwasser mit Treibeis.

Den Biber sieht man selten am Tage; er ist ein Nachttier. In der Nacht tummelt er sich im Wasser vor seinem Bau, oder er geht aufs Land, um Nahrung und Bauholz zu suchen. Seine Ausstiege bilden durch das regelmäßige Befahren eine leicht kenntliche Straße. Die Nahrung besteht hauptsächlich aus Rinde, die er von den Stämmen und Zweigen abschält; er bevorzugt Weiden und Pappeln, nimmt aber auch Erlen, Eichen, Eschen, Ahorn, wilde Obstbäume und selbst Kiefern. Die Ernährung bietet dem Tiere keine Schwierigkeiten; der Biber ist deshalb hier in guter Verfassung. Er erreicht eine durchschnittliche Länge von 1,50 m und wird 56–65 Pfund schwer. Zum Bau nagt er armdicke und stärkere Stämme ab, die er in handrechte Stücke schneidet und mit den Zähnen oder Vorderpfoten ins Wasser schleppt. Der angerichtete Schaden ist bedeutend.

Biberburgen wurden bis vor 20 Jahren nicht beobachtet. Die Tiere legen in Deichen *Erdbauten* an mit langen Zugängen, den sog. Geschleifen, deren Öffnung unter Wasser liegt. Der Kessel befindet sich über der Hochwassergrenze; selten hat er einen Ausgang nach oben, der als Falloch dient. Wird beim Sinken des Wassers der Zugang frei, so bauen die Tiere aus abgeschnittenen Zweigen ein Floß, und unter diesem mit dem Wasserspiegel sich hebenden und senkenden Floß legen sie eine fahrbare Rinne in den Bau an. Der Boden des Kessels besteht aus Lehm, der beim Ausstieg mitgenommen wird, und aus Holzspänen. Neben diesen Erdbauten befinden sich an einzelnen Stellen an stillen Ufern sog. Sassen, die der Biber aufsucht, um sich zu sonnen. 1904 wurde im Kühnauer See bei Dessau die erste *Biberburg* entdeckt, später fand man mehrere dieser „Landburgen“, die mit dem Ufer in Verbindung stehen. Stangen und Reisig sind zu 2–3 m hohen Kuppeln aufgerichtet und mit Schlamm verdichtet. Auch eigentliche *Wasserburgen* wurden im Laufe der Zeit beobachtet. Ebenso wurden im Gebiet die bekannten *Dammburgen* ermittelt; sie wären, unten breit, oben schmal, an den engsten Stellen des Gewässers angelegt und so hoch geführt, wie das Tier das Wasser brauchte.

Die *Vermehrung* ist nicht allzu reichlich; 2–3, auch 4, einmal 5 Junge wurden im Nest gefunden. Die Zahl der Weibchen überwiegt.

III. Mitteilungen über Naturschutz in Nordamerika, vornehmlich seit 1915. Dr. Th. G. Ahrens (Berlin-Baltimore).

Seit Einrichtung des Yellowstoneparks als erstes großes Schutzgebiet in den Vereinigten Staaten (1872) und des Sequoia-, General-Grant- und Yosemite-Parks (1890) hat sich das Interesse für Reservate bei Behörden wie privaten Vereinigungen dauernd vermehrt. Man unterscheidet *Nationalparke*, die durch Gesetz-erlaß des Kongresses geschaffen werden, und *Nationalmonumente*, die durch eine Proklamation des Präsidenten errichtet werden.

1915 gab es 14 Nationalparke mit einem Flächenraum von 1 899 903 ha und 31 Nationalmonumente

mit einem Areal von 486 633 ha, im ganzen Schutzgebiete von 2 386 536 ha Größe. Heute gibt es 19 Nationalparke mit einem Flächenraum von 2 814 500 ha und 34 Nationalmonumente von 601 658 ha, also im ganzen 3 416 158 ha gegen 2 814 500 ha, d. h. ein Mehr von 1 029 622 ha.

Die Verwaltung der Schutzgebiete erfolgt durch das „National Park Service“ vom 25. August 1916, einer Abteilung des Ministeriums des Innern. Für die Verwaltung der Nationalparke gelten folgende Richtlinien:

1. Die Schutzgebiete müssen in absolut unveränderter Form für die Gegenwart als auch für die kommenden Geschlechter erhalten werden.

2. Sie sind eingerichtet für die Benutzung, Betrachtung, Gesundheit und Erholung (use, observation, health and enjoyment) des Volkes.

3. Das nationale (allgemeine) Interesse muß alle Entscheidungen bestimmen, die sich auf öffentliche oder private Unternehmungen in den Reservaten beziehen.

Von den privaten Vereinigungen sind zu nennen die *National Parks Association* (1918), die bezweckt, die Reserven, ihre Geschichte und ihre Natur (wild life) zu studieren und dem Volk bekannt zu machen, den Bestand an Naturschutzgebieten zu erweitern und den Einfluß der Bürger und Bildungsanstalten für die Gebiete zu gewinnen und Reisen dorthin zu ermöglichen bzw. zu erleichtern. Die *Ecological Society* (1917) untersucht natürliche Gebiete, die zum biologischen Studium der einheimischen Flora und Fauna besonders reserviert und geschützt werden sollen.

Von den neuen Parks interessieren besonders der *Hawai N. P.* (1916) auf den Sandwichinseln und der *Grand Canon N. P.* (1908—1911). Ersterer, 30 490 ha groß, umfaßt die Vulkane Kilauea und Mauna Loa auf der Insel Hawai und *Haleakala* auf Maui mit dem sie umgebenden Gebiet, das aus schönen *Baumfarnwäldern* und merkwürdigen *Lavaformationen* besteht; letzterer ist 248 310 ha groß und enthält die berühmten Canons in Colorado.

Auch mehrere Einzelstaaten (Iowa, Wisconsin usw.) haben Schutzgebiete eingerichtet und in den meisten Fällen ein ähnliches System angenommen wie das der Zentralregierung.

Der Schutz der großen Säugetiere und Vögel erfreut sich in den V. St. allgemeinen Interesses. Der Zustand des *Bisons* in Nordamerika darf als durchaus gut bezeichnet werden. Es gab nach der Zählung vom 1. Januar 1920 in den Vereinigten Staaten 3393 und in Canada 5080, im ganzen also 8473 Tiere. The American Bison-Society widmet sich dem Schutz dieser Tiere. Die *Gabelantilope* (*Antilocapra americana*) ist recht gefährdet; man will ein großes Steppengebiet in Nevada und Oregon als Reservat für sie erwerben. Die *Wapiti* (*Cervus canadensis*), etwa 70 000 Stück, hauptsächlich im Yellowstonepark, sind dadurch gefährdet, daß sie im Winter aus den Schutzgebieten austreten und Jägern und Wilderern zum Opfer fallen. Zu ihrem Schutz will man die Grenzen einiger Parke erweitern. Der *Biber* war in den Adirondackgebirgen 1895 auf 10—15 Stück zurückgegangen. Seitdem wurde er mit solchem Erfolg geschützt, daß man ihn heute auf 10 000 Stück schätzen darf und man wegen des großen Schadens sogar zum Abschluß schreiten muß. Große Fürsorge widmen der Staat wie Private dem Schutz der Vögel; es gibt in den Vereinigten Staaten im ganzen 72 Vogelreservate.

Wie in den Vereinigten Staaten, gibt es auch in

Canada Schutzgebiete: Dominion Parks (10), die von dem Minister des Innern, und Provincial Parks (8), die von den Provinzen verwaltet werden.

O. Herr, Görlitz.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über neuere Arbeiten zum weiteren Ausbau der Quantentheorie. In zwei im Jahre 1918 erschienenen Arbeiten hat Bohr neue allgemeine Prinzipien der Quantentheorie entwickelt. H. A. Kramers hat in seiner Arbeit „Intensities of spectral lines and the application of the Quantum theory to the problem of the relative intensities of the components of the fine structure and of the Stark-Effect of the lines of the hydrogen spectrum“¹⁾ diese auf die Theorie der Serienspektren angewendet und das Ergebnis namentlich mit den Messungen von Stark verglichen. Dabei ergab sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen der Theorie und den experimentellen Ergebnissen.

Bislang baute sich die Quantentheorie bekanntlich besonders auf zwei Grundgesetzen auf. Das eine hebt aus der unendlichen Mannigfaltigkeit der Bahnen, die die kleinsten Bausteine der Materie innerhalb des Atoms nach der klassischen Mechanik ausführen können, einige bestimmte diskrete als stationäre Bahnen hervor (vergleiche hierzu *Reiche* sowie *Epstein* im Planck-Heft der Naturwissenschaften 1918) und behauptet, daß, wenn die elektrisch geladenen Teilchen der Atome sich in diesen stationären Zuständen befinden, sie entgegen den Gesetzen der klassischen Elektrodynamik keine elektromagnetische Strahlung auszusenden brauchen. Das zweite Gesetz, die sogenannte Bohrsche Frequenzbedingung, sagt aus, daß die Frequenz der bei einem Übergang von einem stationären Zustand in einen anderen ausgesandten Strahlung gleich der Energiedifferenz der beiden Zustände ist, dividiert durch die Plancksche Konstante. Es war nun schon lange bekannt, daß beim Übergang zu Zuständen hoher Energie die Energiedifferenz zwischen den einzelnen diskreten quantenmäßig erlaubten Bahnen immer geringer wird, so daß man im Grenzfall sehr großer Energie, d. h. hoher Quantenzahlen wieder von einem kontinuierlichen Übergang zwischen den einzelnen Bahnen sprechen kann. Diese Tatsache kommt darin zum Ausdruck, daß bei hohen Temperaturen, bei denen die Zustände höherer Energie überwiegen, die Gesetze der Quantentheorie in die der klassischen übergehen. Bohr hat nun in der oben zitierten Arbeit einen ähnlichen engen Zusammenhang zwischen Quantentheorie und klassischer Theorie bezüglich der ausgesandten Frequenz bei hohen Quantenzahlen aufgedeckt (Analogieprinzip).

Löst man nämlich die Bewegung eines Elektrons im Atom in eine Reihe harmonischer Schwingungen auf, d. h. entwickelt man die jeweilige Lage des Elektrons bestimmenden Koordinaten in mehrfach unendliche Fourierreihen, so zeigt sich, daß die durch die Bohrsche Frequenzbedingung bestimmte Schwingung bei hohen Quantenzahlen in eine der harmonischen Schwingungen übergeht, in die die Elektronenbewegung zerlegt wurde. Um diese enge Beziehung zwischen Quantentheorie und klassischer Theorie noch etwas deutlicher zu machen, wollen wir einen Quantenübergang zwischen zwei stationären Bahnen betrachten. Die

¹⁾ Abhandlungen der Dänischen Akademie der Wissenschaften, Kopenhagen 1919.

Ausgangsbahn sei durch die Quantenzahl n_1', n_2', \dots, n_i' charakterisiert; die Endbahn durch $n_1'', n_2'', \dots, n_i''$. Die Zahl der n ist im allgemeinen gleich der Zahl der Freiheitsgrade des Systems. Bei der Zerlegung der Elektronenbewegung in harmonische Schwingungen treten nun im allgemeinsten Falle i Grundschiebungen $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_i$ auf, wobei i gleich der Zahl der Freiheitsgrade ist. Die Elektronenbewegung kann nun dargestellt werden als eine Überlagerung dieser Grundschiebungen und aller ihrer Oberschiebungen. Das heißt, die allgemeinste überhaupt vorkommende Partialschiebung ist von der Form

$$\tau_1 \omega_1 + \tau_2 \omega_2 + \dots + \tau_i \omega_i$$

wobei die τ_i alle beliebigen positiven und negativen ganzen Zahlen durchlaufen können. Bohr hat nun gezeigt, daß bei hohen Quantenzahlen die aus seiner Frequenzbedingung berechnete Schwingungszahl die Form annimmt:

$$\nu = (n_1' - n_1'') \omega_1 + (n_2' - n_2'') \omega_2 + \dots + (n_i' - n_i'') \omega_i$$

also mit einer bestimmten harmonischen Schwingung, in die die Elektronenbahn aufgelöst wurde, identisch wird. Daran knüpfte er nun die Annahme, daß auch die Intensität und Polarisation der ausgesandten Schwingung bei hohen Quantenzahlen in diejenigen übergeht, die sich für die entsprechende harmonische Schwingung $(n_1' - n_1'') \omega_1 + \dots$ nach der klassischen Elektrodynamik ergibt.

H. A. Kramers wendet nun in seiner oben genannten Arbeit das von Bohr formulierte Analogieprinzip auf die Spektren des Wasserstoffs und des einfach ionisierten Heliums an. Mit Hilfe einer Verallgemeinerung der (Jacobi'schen) Methoden, die zur Bestimmung der Planetenbahnen entwickelt sind, löst er die Elektronenbewegung im Wasserstoffatom in eine Reihe harmonischer Schwingungen auf unter Benutzung der relativistischen Mechanik. Im Anschluß daran wird auch der Einfluß eines schwachen Magnetfeldes auf die Elektronenbewegung bestimmt. Nach denselben Methoden behandelt der Verfasser dann die Bewegung eines Elektrons in einem starken homogenen elektrischen Felde unter dem Einfluß eines einmal positiv geladenen Kernes ohne Benutzung der relativistischen Mechanik, da für diese eine Lösung der Hamilton-Jacobi'schen Differentialgleichung durch Separation der Variablen nicht möglich ist. Für den Fall aber, daß die Abweichungen von der Ruhebahn, die ein elektrisches Feld hervorruft, klein sind gegen die Abweichungen, die die Anwendung der relativistischen Mechanik bewirkt, erhält der Verfasser die erforderlichen Formeln mit Hilfe eines Näherungsverfahrens.

Der Verfasser nimmt nun mit Bohr an, daß die enge Beziehung zwischen Quantentheorie und klassischer Theorie bei hohen Quantenzahlen es gestattet, die relativen Intensitäten und Polarisierungen der Spektrallinien auch bei kleinen Quantenzahlen angenähert aus den Werten zu bestimmen, die für die entsprechende harmonische Schwingung die klassische Elektrodynamik liefert. Dementsprechend wird ein Übergang zwischen zwei stationären Bahnen als unmöglich angesehen, wenn die ihm entsprechende Schwingung in der Fourierentwicklung der Elektronenbewegung nicht vorkommt, d. h. der Koeffizient des Gliedes, das diese Schwingung enthält, null wird. Da bei dem durch äußere Felder ungestörten Wasserstoffatom alle solche harmonischen Schwingungen nicht vorkommen, die einer Änderung der Rotationsquantenzahl um einen andern Wert als ± 1 entsprechen, so werden diese Über-

gänge als unmöglich angesehen. (Zu demselben Schluß ist unabhängig davon auf ganz andere Weise Rubinstein gekommen; allerdings unterscheidet sich sein Ergebnis von dem von Bohr und Kramers dadurch, daß er auch Übergänge als zulässig ansieht, bei denen sich die Rotationsquantenzahl nicht ändert, während solche Übergänge nach dem Bohrschen Prinzip verboten sind.) Ist aber ein elektrisches Feld vorhanden, so treten auch noch andere Schwingungen auf. Es ergab sich nach der Rechnung folgendes: Bei einem Übergang zwischen zwei stationären Bahnen, bei dem sich die Quantenzahl n_3 , die dem Impulsmoment in Richtung des Feldes entspricht, nicht ändert, wird linear parallel zur Feldrichtung polarisiertes Licht ausgesandt. Ändert sich n_3 um ± 1 , so entspricht das einer Schwingung senkrecht zur Feldrichtung. Übergänge, bei denen n_3 sich um andere Beträge ändert, kommen nicht vor. Dies entspricht aber gerade der von Epstein empirisch gefundenen Polarisationsregel, nach der einer Änderung von n_3 um eine gerade Zahl einer parallel zur Feldrichtung polarisierten Strahlung entspricht, während einer ungeraden Änderung von n_3 eine Schwingung senkrecht zur Feldrichtung entspricht.

Sodann bestimmt Kramers durch Anwendung des Analogieprinzips die relativen Intensitäten der einzelnen Komponenten der aufgespaltenen Spektrallinie im Stark-Effekt und der Feinstruktur. Ein Vergleich der Intensitäten zwischen den einzelnen Spektrallinien selbst läßt sich nach dieser Methode nicht geben, denn diese lassen sich einmal bei kleinem n nur ungefähr durch die Intensität der entsprechenden harmonischen Schwingungen angeben und sind außerdem auch noch von der Häufigkeit abhängig, mit der die einzelnen Anfangszustände der Elektronen in der Entladungsröhre auftreten. Um die Intensität der Komponenten miteinander zu vergleichen, bestimmt der Verfasser die relativen Amplituden der dem Quantenübergang entsprechenden harmonischen Schwingung einmal für die Anfangsbahn und dann für die Endbahn des Strahlungsendenden Elektrons. Ein geeigneter Mittelwert dieser Amplituden gibt dann ein Maß ab für die Intensität der betrachteten Komponenten relativ zu den andern Komponenten, denn die Häufigkeit des Anfangszustandes ist bei allen Komponenten einer aufgespaltenen Spektrallinie dieselbe. Unter relativen Amplituden versteht Kramers das Verhältnis der Amplitude der betrachteten harmonischen Schwingung zu der halben Hauptachse der Keplerellipse, die das Elektron in irgendeinem Augenblick gerade beschreiben würde.

Es ist im Rahmen dieses Berichtes unmöglich, auf die Fülle des von Kramers beigebrachten Materials näher einzugehen, es sei nur bemerkt, daß es seiner Rechnung durchgängig gelingt, die besonders von Stark und Paschen gemessenen Intensitäten der Komponenten im Stark-Effekt und der Feinstruktur allgemein richtig wiederzugeben. Einzelne Abweichungen der von ihm berechneten Werte von den empirischen scheinen prinzipieller Natur zu sein. So geben die Amplituden der harmonischen Schwingungen kein richtiges Maß mehr für die Intensitäten, wenn die Aussendung der Linie bei einem Übergang auftritt, der von einer Kreisbahn in eine andere Kreisbahn führt, oder bei dem überhaupt der Endzustand eine Kreisbahn bildet. Solche Übergänge scheinen bei den Strahlungsvorgängen eine besondere Rolle zu spielen. Ferner ergab sich bei gewissen Linien, daß zwar die zugehörigen Amplituden sowohl für die Anfangs- wie für die Endbahn null waren, daß aber trotzdem diese

Linien beobachtet worden sind. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn die Amplituden der entsprechenden Schwingung bei den Zwischenbahnen von null verschieden sind. Dies bietet einen interessanten Beitrag zur Ergründung des Wesens der Quantenvorgänge; denn es scheint doch dadurch angedeutet zu werden, daß auch die zwischen zwei quantenmäßig ausgezeichneten Zuständen liegenden Bahnen bei der Emission einer Spektrallinie eine wesentliche Rolle spielen. *Kramers* schließt seine interessante Arbeit mit einer Anwendung der oben geschilderten Methode auf den Zeemaneffekt, bei dem schon *Bohr* durch Anwendung des Analogieprinzips zu formaler Übereinstimmung mit der Lorentz'schen Theorie gekommen war.

Hartmut Kallmann.

Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenspektroskopie. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem optischen Spektrum und dem Röntgenspektrum besteht darin, daß im ersten Fall im allgemeinen jeder Emissionslinie auch eine Absorptionslinie entspricht (Beispiel: Das Emissionsspektrum einer Natriumflamme zeigt eine gelbe Doppellinie, weißes Licht gibt nach Durchgang durch Natriumdämpfe ein Spektrum mit einer schwarzen Doppellinie an derselben Stelle). Beim Röntgenspektrum findet sich dagegen zu jeder Serie bzw. Seriengruppe nur eine einzige Absorptionsbandkante, d. h. ein Sprung in der kontinuierlichen Absorption, und zwar am kurzwelligen Ende der Serie. Auf Grund des Bohrschen Atommodells lassen sich diese Vorgänge in folgender Weise deuten: Absorption (Energieaufnahme) bedeutet Entfernung eines Elektrons aus der Kernnähe an die Atomoberfläche. Beim optischen Spektrum handelt es sich um ein Elektron der äußeren Ringe; diese sind schwach besetzt, so daß für den Übergang des Elektrons auf entferntere Bahnen verschiedene Möglichkeiten vorhanden sind. Da der Unterschied der Energie der Anfangs- und Endbahn die Frequenz der Emissions- bzw. Absorptionslinie bestimmt, so folgt hieraus für das optische Spektrum die Existenz mehrerer Absorptionslinien. Träger des Röntgenspektrums ist dagegen ein Elektron der inneren Ringe (innerster Ring *K*-Serie, zweitinnerster Ring *L*-Serie, drittinnerster Ring *M*-Serie). Die Beobachtung, daß an der Stelle der Emissionslinien keine Absorptionslinien auftreten, führt zu der Anschauung, daß ein Elektron des innersten Ringes bei seiner Entfernung die nach außen benachbarten Bahnen gewissermaßen gesperrt findet (die inneren Bahnen sind viel dichter mit Elektronen besetzt als die äußeren) und deshalb auf einer Bahn an der Atomoberfläche oder außerhalb der Atomoberfläche zu landen gezwungen ist. Der Unterschied in der Energie dieser möglichen Endbahnen ist so klein, daß die zugehörigen Absorptionslinien nahezu zusammenfallen und nur mit einem Spektrographen von sehr großem Auflösungsvermögen voneinander getrennt werden können.

Diese von *Kossel*¹⁾ zuerst ausgesprochene Erwartung, daß für jede Röntgenserie mehrere Absorptionslinien vorhanden sein müssen, welche so dicht beieinander liegen, daß sie sich nur als eine komplexe Feinstruktur der bisher bekannten Absorptionsbandkanten bemerkbar machen, hat nun eine glänzende experimentelle Bestätigung gefunden:

In sämtlichen drei großen Serienfamilien ist der experimentelle Nachweis der komplexen Struktur der Absorptionsbandkanten

geglückt, und zwar bei der *M*-Serie durch *Stenström*¹⁾, bei der *L*-Serie durch *Hertz*²⁾, bei der *K*-Serie durch *Fricke*³⁾ und durch *Hertz*⁴⁾.

Dieser Fortschritt wurde wesentlich erreicht durch Verwendung äußerst schmaler Strahlenbündel, durch Anwendung einer günstigen Dicke der absorbierenden Schicht und durch Beobachtung im möglichst langwelligen Gebiet. Dieses wichtige Ergebnis bildet nicht nur eine neue Stütze für die *Kossel'sche* Auffassung des Absorptionsaktes, sondern eröffnet auch die Aussicht, auf röntgenspektroskopischem Wege äußere Einflüsse auf das Atom (fester oder gasförmiger Zustand, chemische Bindung und Wertigkeit, Ionisierung) nachweisen zu können, da die Art der Feinstruktur von der Ausbildung der äußeren Bahnen, welche durch die eben genannten Mittel beeinflußt werden können, abhängt. Solche Einflüsse können sich dagegen nicht bemerkbar machen bei der Emission der Röntgenlinien, weil diese durch Übergänge des Elektrons zwischen den drei innersten Bahnen des Atoms hervorgerufen werden.

Nicht bloß für die Anschauungen über den Atombau, sondern auch für die Theorie der Röntgenstrahlen sind die Fortschritte der Röntgenspektroskopie von großer Bedeutung. Die kürzeste Wellenlänge des kontinuierlichen Röntgenspektrums und die an die Röhre angelegte Spannung *V* (bei Gleichstrombetrieb) sind, wie durch verschiedene Forscher experimentell bestätigt wurde, durch die einfache Quantenbeziehung verknüpft:

$$eV = h\nu.$$

e Ladung des Elektrons, *h* Wirkungsquantum, *ν* Frequenz der kurzwelligen Grenze des Spektrums.

Auf Grund dieser Beziehung ist von *Wagner*⁵⁾ eine Präzisionsmessung der für die Quantentheorie fundamentalen Größe *h* ausgearbeitet worden. Durch Verbesserung der Spannungsmessung ist es ihm neuerdings gelungen, den bisher genauesten Wert

$$h \cdot 10^{29} = 653 \pm 1 \text{ erg. sek.}$$

zu erhalten, in guter Übereinstimmung mit dem von der Bohrschen Theorie der Spektrallinien gelieferten Wert 654,5 \pm 1.

Der Wert der Grenzwellenlänge ist bei gleicher Spannung unabhängig vom Azimut zwischen Röntgen- und Kathodenstrahlen, wie Messungen an einer Röntgenröhre ergaben, welche zwei Kathoden enthielt, derartig angeordnet, daß die Beobachtungsrichtung der Röntgenstrahlen mit der Kathodenstrahlrichtung einen Winkel von 90° bzw. 150° bildete. In theoretischer Hinsicht ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, die Brémstheorie der Röntgenstrahlen abzuändern, da sich theoretisch eine die Meßfehler weit übersteigende Abhängigkeit der Impulsbreite von der Emissionsrichtung ergeben müßte.

Dagegen macht sich ein Einfluß der Emissionsrichtung auf die spektrale Energieverteilung bemerkbar: Bei 150° ist die Gesamtintensität schwächer als bei 90°, außerdem sind im ersten Fall die langwelligen Teile des Spektrums relativ stärker vertreten, das heißt, die Strahlung ist im Mittel weicher. Diese Beobachtungen liegen im Sinne der alten Brémstheorie,

¹⁾ Dissert. Lund 1919.

²⁾ Zeitschr. für Physik 3, 19, 1920.

³⁾ Physic. Rev. 16, Nr. 3, Okt. 1920.

⁴⁾ Physik. Zeitschr. 21, 630, 1920.

⁵⁾ Physik. Zeitschr. 21, 621, 1920.

¹⁾ Verh. d. D. Phys. Ges. 18, 339, 1916.

lassen sich aber nach *Wagner* auch quantentheoretisch erklären.

Abweichende Resultate von *Zecher*¹⁾, welcher eine Abhängigkeit der Grenzwellenlänge vom Emissionsazimut findet, dürften gegenüber der mit äußerster Präzision und unter sehr günstigen Versuchsbedingungen (Gleichspannung, sehr weiche Strahlung) ausgeführten Messungen von *Wagner* kaum ernstlich ins Gewicht fallen.

Eine für die medizinische Anwendung der Röntgenstrahlen bedeutsame Feststellung ist der Nachweis, daß eine Coolidgeöhre mit Wechselspannung betrieben (Spektralmessungen von *Behnken*²⁾) im wesentlichen die gleiche Verteilung der Intensität im Spektrum liefert als beim Betrieb mit Gleichspannung (*Ulrey*³⁾). Die von der Röntgentechnik angestrebte Homogenisierung der erzeugten Röntgenstrahlen läßt sich somit auf dem bisher eingeschlagenen Weg einer möglichst weitgehenden Annäherung an den Gleichstrombetrieb nicht erreichen.

Glocker.

Im Dämmer des Rimba, Sumatras Urwald und Urmensch. Das aus der Feder eines der besten unter den derzeitigen Kennern der malaisischen Inselwelt entstammende Buch von *Wilhelm Volz*, Im Dämmer des Rimba (Breslau 1921) gibt an dem Beispiele Sumatras ein Bild des „Rimba“, des Urwaldes von Insulinde. — Eine Urwaldflurfahrt, die erst durch den breiten ostwärts in die Flachsee hinauswachsenden Mangrovegürtel führt, dann im eigentlichen Urwald einem der im Gebirgsrückgrate Sumatras wurzelnden Flüsse folgt und eine Durchquerung des jungvulkanischen Gebirges zur Westküste bilden den äußeren Rahmen für die Betrachtung der tiefgehenden Einflüsse, die der Wald auf die ihn zusammensetzende Pflanzenwelt und die Tiere und Menschen, die er beherbergt und nicht zuletzt auf Seele und Gedanken des von aller Kultur abgeschnittenen europäischen Reisenden ausübt. — Als Hauptcharakterzug des Waldes wird der hier wie überall in den Wäldern der Tropen sich bei jedem Schritte aufdrängende rücksichtslose Kampf ums Dasein in den Vordergrund gestellt, der Kampf, den die Pflanzenwelt auf fruchtbarem Boden um Raum und Licht unter einer Fülle von Anpassungsformen, die reiche Tierwelt auf der Suche nach Nahrung in steter Bedrohung durch besser ausgerüstete Wettbewerber führt, der Tiger, der eigentliche Herr des Waldes ausgenommen; der Kampf um die Fristung des nackten Lebens, den die von Stärkerern in diese Wildnis verdrängten Menschen Tag für Tag ihres armseligen Lebens zu kämpfen gezwungen sind und der sie dauernd in die Fesseln niederster Gesittung schlägt. So entrollt sich vor dem Leser das eigenartige Bild der „Kubus“, eines von der Zivilisation der Malaien unberührten pygmäenähnlichen Restvölkchens, das in seiner materiellen Lebensführung wenig über den in den Kronen der Bäume hausenden Menschenaffen steht, durch Nahrungsmangel gezwungen in kleinsten Verbänden nomadisch umherschweift, von der Hand in den Mund lebt, vom Hunger dezimiert wird, im Zustande einer primitiven Holzkultur steht und ein kümmerliches, auch der einfachsten transzendentalen Vorstellungen entbehrendes Geistesleben lebt, das nur

in der Kenntnis des Waldes und seiner Erscheinungen sich zu bemerkenswerteren Leistungen erhebt. — In diese Welt des Urmenschen drangen, den Flüssen folgend, Malaier ein, die im Kampfe gegen den Wald selbst zu Waldmenschen wurden, bis sie die indische Kultur im Eisengerät, Reisbau usw. mit besseren Kampfmitteln ausstattete. Die darauf folgende Welle islamischer Gesittung hat — ein Kind heißer Steppen und Wüsten — den Bann des Waldwohnraumes nicht zu brechen vermocht. Dagegen beginnt die europäische, dem Rimba wertvolle Erzeugnisse abbringende Zivilisation in das Leben der Urwaldmalaier mehr und mehr einzugreifen. — Indem die Darstellung alle Erscheinungen des Waldes von höherer biologisch-ethnologischer Warte betrachtet und die von ihnen nahegelegten Gedankengänge möglichst bis an die letzten Grenzen verfolgt, wird sie zu einer kleinen Urwaldphilosophie, einem in künstlerische Formen gegossenen Urwaldbrevier, das dem Fernstehenden mehr vom Wesen und Zauber tropischer Wälder mitteilt als manche eingehende Beschreibung, dem Kenner aber Rechenschaft gibt über vieles bei ihrem Durchwandern unklar Empfundene.

B. Brandt.

Über ein Nebennierenrinden-ähnliches Organ bei einem wirbellosen Tier (Phycosoma). (*W. Harms*, Zentralbl. f. Physiol. Bd. 34, 1920.) Da es sich bei der Nebenniere, besonders der Nebennierenrinde, um ein lebenswichtiges Organ handelt, dessen Entfernung den Tod herbeiführt, lag es nahe, auch bei wirbellosen Tieren nach einem entsprechenden Organ zu suchen. Zellen, welche dem Mark der Nebenniere entsprechen, sogenannte „chromafine Zellen“ konnten durch *Poll* und *Sommer* bei verschiedenen Würmern nachgewiesen werden; während ein Organ, das der Nebennierenrinde (dem sogenannten „Interrenalorgan“) analog wäre, bisher unbekannt geblieben war.

Nun ist es *Harms* gelungen, bei einer Gephyree (einer kleinen Klasse der Würmer) aus der Gattung *Phycosoma*, welches er an der Westküste Afrikas gesammelt hatte, ein solches Organ zu finden in Gestalt von kuppenförmig hervorragenden gelblich-grauen Zellhaufen, welche dem Segmentalorgan (dem Exkretionsorgan der Würmer) anliegen. In jüngeren Zellen sind ein deutlicher Kern und Lipoidkörner vorhanden. In älteren Zellen ballt sich das Chromatin zu einer Kugel zusammen, die mit Saffranin, kaum dagegen mit Hämatoxylin färbbar ist. Sie zerfällt in stark lichtbrechende gelbe Körnchen. Die reifen Zellen schnüren kleine, mit solchen Sekretkörnern angefüllte Blasen ab, welche direkt an die Blutflüssigkeit abgegeben werden. Einige Versuche zeigen die lebenswichtige Bedeutung des Organs: Nach Entfernung des Nierenschlauches mit dem Internephridialorgan geht das Versuchstier nach 3 bis 6 Tagen zugrunde, während sonst starke Eingriffe (z. B. Abschneiden des ganzen Vorder- und Hinterteiles) gut vertragen werden. Läßt man dagegen geringe Reste des Internephridialorgans zurück, so erholt sich das Tier wieder, die restierenden Intersegmentalorgane sind stark gewuchert. Schließlich wurden die Schläuche mit sämtlichen Internephridialorganen entfernt und darauf an die Körperwand oder an den Darm transplantiert; die Tiere blieben am Leben. Nach diesen Versuchen glaubt *Harms* das Internephridialorgan mit der Nebennierenrinde der Wirbeltiere vergleichen zu können.

A. Pratzje.

¹⁾ Annalen der Physik 63, 28, 1920.

²⁾ Zeitschr. für Physik 3, 48, 1920.

³⁾ Phys. Rev. 11, 401, 1918.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 5. (Seite 73—88)

4. Februar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Über die Lebensweise des Gorillas und des Schimpansen. Von *Eduard Reichenow*, Berlin. S. 73.
Über Rutherfords Entdeckung eines neuen leichten Atomkernes. Von *Adolf Smekal*, Wien. S. 77.

Besprechungen:

Goldschmidt, R., Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung. Von *O. Koehler*, Breslau. S. 82.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über ein neues radioaktives Zerfallsprodukt im Uran. Von *Otto Hahn*, Berlin-Dahlem. S. 84.
Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Drachen- und Ballonaufstiege der Deutschen Antarktischen Expedition 1911 bis 1912. S. 84.

Deutsche Geologische Gesellschaft:

Gründung eines Archivs für die Paläogeographie Deutschlands. Rassenzugehörigkeit des Ehringsdorfer Diluvialmenschen und die Umgrenzung des Neandertaltypus. Altchinesische Darstellung eines neandertaloiden Menschen auf einem stilisierten Bronze-Moloch. S. 85.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft:

Deutsche Irrgäste. Entwicklung und Artgewohnheiten der Wildtauben. S. 86.

Astronomische Mitteilungen. S. 87—88.

Neue Untersuchungen zur Stellarstatistik.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Übungsbeispiele aus der unorganischen Experimentalchemie

von **Heinrich Biltz** und **Wilhelm Biltz**

Mit 26 Textfiguren

Dritte und vierte Auflage

XII und 242 Seiten. Gr. - 8⁰

M. 27.—; in Ganzleinen gebunden M. 36.—

... Auf Grund dieser glücklichen Verbindung von Theorie und Praxis erscheint das Werk als ein durchaus brauchbares Hilfsmittel zur Erwerbung präparativer wie allgemeiner chemischer Kenntnisse.

—*cr.* Pharmaceut. Zeitung, 58. Jahrg., Nr. 57.

Qualitative Analyse vom Standpunkt der Ionenlehre

Dritte Auflage

1. ergänzter und verbesserter Abdruck

Mit 26 Figuren im Text, 1 Spektraltafel und besonderen Tabellen zum Gebrauche im Laboratorium

XVII und 565 Seiten. Gr. - 8⁰

Gebunden M. 33.—

... Der Fortgeschrittene, besonders aber der Assistent, der seine analytischen Kenntnisse zu vertiefen wünscht, vielleicht auch ein Dozent, der ein Kolleg über analytische Chemie präpariert: alle diese werden reichen Gewinn aus dem verdienstvollen Werke nehmen.

Chemiker-Zeitung.

Fünf Reden von Ewald Hering

Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie

Über die spezifischen Energien des Nervensystems

Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz

Zur Theorie der Nerventätigkeit

Herausgegeben von **H. E. Hering**

Mit einem Bildnis von Ewald Hering

140 Seiten. Gr. - 8⁰

Preis geheftet M. 14.—

Die natürlichen und künstlichen Asphalte

Ihre Gewinnung, Verwendung, Zusammensetzung und Untersuchung

Herausgegeben unter Mitwirkung von

Prof. H. Burchartz und Prof. G. Dalén

Ständigen Mitarbeitern des staatlichen Materialprüfungsamtes in Berlin-Dahlem

von Prof. Dr. **J. Marcusson**

Mit 36 Figuren und 54 Tabellen im Text und auf einer Ausschlagentafel

X und 262 Seiten. Gr. - 8⁰

Geheftet M. 39.—; in Leinen gebunden M. 51.—

In vorstehenden Preisen ist der Verleger-Teuerungszuschlag einbegriffen!

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wollen man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegramm-Adresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Sauerstoff- Desinfektion

der Mundhöhle zum Schutze gegen Ansteckungen (Grippe, Halsentzündung, Diphtherie, Scharlach usw.), sowie zur Erhaltung gesunder Zähne ist wirksam, bequem und ohne Nachteile ausführbar mittels

Perhydrit- Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen des Mundes und zum Gurgeln. Auch zur Wundreinigung geeignet.

Packungen mit 10, 25 und 50 Stück in den Apotheken und Drogerien.

(223 II)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Chemiker-Kalender 1921

Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw.

Begründet von Dr. Rudolf Biedermann

Neubearbeitet von

Professor Dr. **Walther Roth**
Braunschweig, Technische Hochschule

Zweiundvierzigster Jahrgang

In zwei Bände gebunden

Preis zusammen M. 42.—
(zuschlagfrei)

Einzelne Teile werden nicht abgegeben

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

4. Februar 1921.

Heft 5.

Über die Lebensweise des Gorillas und des Schimpansen.

Von Eduard Reichenow, Berlin.

Zahlreiche Widersprüche und manche Unglaublichkeiten begegnen uns, wenn wir die Berichte der Reisenden über die Lebensgewohnheiten der afrikanischen Menschenaffen betrachten. Kein Wunder — denn nur wenige Forscher geben Selbsterschautes wieder; die meisten erzählen uns, was sie mit mehr oder weniger Kritik den Mitteilungen der Eingeborenen entnommen haben. Es verlohnte sich daher, als ich mich anderthalb Jahre am oberen Njong in Kamerun inmitten eines gorilla- und schimpansenreichen Gebietes aufhielt, Zeit und Mühe daran zu wenden, einige Erfahrungen über die Lebensweise der für den Forscher sowohl als für den Laien so besonders merkwürdigen Geschöpfe zu sammeln. Die Eindrücke, die ich auf zahlreichen Jagdzügen durch den Urwald gewonnen habe, seien hier kurz zusammengestellt¹⁾.

Gorilla und Schimpanse bewohnen zwar vielfach das gleiche Gebiet, doch findet man sie niemals an einem Platze einträchtig beieinander, was ja nur natürlich ist, da sie bei ihrer Vorliebe für die gleichen Nahrungsmittel Konkurrenten sind. Offenbar räumt der schwächere, aber flinkere Schimpanse vor seinem stärkeren, schwerfälligen Vetter das Feld. Aus diesem Grunde ist auch das Vorkommen von Kreuzungen zwischen beiden Arten in der Natur, an das man manchmal gedacht hat, wenn man ein besonders eigenartig aussehendes Exemplar nicht recht unterzubringen wußte, wenig wahrscheinlich.

Daß es für den Europäer so schwierig ist, die Menschenaffen in der Freiheit zu beobachten, liegt nicht etwa daran, daß diese Tiere so selten wären. In manchen Gegenden wimmelt es von Schimpansen, und auch der Gorilla ist stellenweise ziemlich zahlreich. Wenn man Gorilla und Schimpanse so schwer zu Gesicht bekommt, so rührt dies daher, daß beide Affenarten nicht sesshaft sind, sondern ihr Wohngebiet ständig durchwandern. Erst gegen Abend, vielleicht eine Stunde vor Sonnenuntergang, treffen sie an einem Platze ein, wo sie vom Menschen gesehen werden — etwa am Rande einer Pflanzung in der Nähe eines Negerdorfes. Hier über-

nachten sie, und oft schon am frühen Morgen wandern sie weiter, um in der Regel erst nach Wochen zur gleichen Stelle zurückzukehren. Der Weiße muß daher zu den Eingeborenen gute Beziehungen haben, so daß diese ihn noch im Laufe der Nacht von dem Eintreffen einer Gesellschaft benachrichtigen; dann kann er die Affen bei Sonnenaufgang an ihrem Schlafplatz überraschen.

An dem Platze, an dem die Menschenaffen zu übernachten gedenken, richten sie sich Lagerstätten von nesterartigem Aussehen her. Die Betrachtung dieser Nachtlager gibt uns Aufschluß über mancherlei Gewohnheiten der Tiere. Die Schlafnester des Gorilla habe ich stets zu ebener Erde angetroffen, entweder unmittelbar am Erdboden oder in einem niedrigen kräftigen Busch einen oder anderthalb Meter hoch gelegen. Die Lagerstätte unmittelbar am Boden wird in einfachster Weise hergestellt, indem alle innerhalb eines Kreisraumes von zwei bis drei Metern Durchmesser befindlichen Pflanzen teils nach der Mitte zu, teils in mehr seitlicher Richtung umgeknickt und die einzelnen Stengel so miteinander verflochten werden, daß ein muldenförmiges Nest entsteht. Reißt man ein solches Nest auseinander, so zeigt sich, daß seine Teile alle noch am Boden festgewurzelt sind. Daß etwa noch abgerissene Blätter und Zweige hinzugetragen würden, um die harte Unterlage etwas auszupolstern, habe ich nicht beobachtet.

Sehr viel bequemer liegt es sich in denjenigen Nestern, die etwas erhöht in einem starken Busche angelegt werden. Die Herstellung erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Lagerstätten am Boden, indem die einzelnen Äste und Zweige des Busches teils auseinandergebogen, teils nach der Mitte umgeknickt und verflochten werden. Es entsteht so eine außerordentlich weiche und nachgiebige Unterlage — das Urbild einer Sprungfedermatratze.

Dichtes Gestrüpp muß den Platz bedecken, den der Gorilla sich zum Ruhelager wählt. Auch achtet er darauf, daß unter den Pflanzen, aus denen er sein Nest bereitet, keine dornentragenden Gewächse stehen, was bei deren Fülle im Unterholz nicht ganz einfach ist. Im übrigen ist es ihm gleich, ob er im dichten Urwald oder unter freiem Himmel, etwa in einer alten verwachsenen Pflanzung, übernachtet, und gegen nächtliche Regengüsse sucht er keinen besonderen Schutz.

Abgesehen von manchen alten Männchen, lebt der Gorilla nicht einsam, wie es vielfach darge-

¹⁾ Ausführliche Angaben enthält meine Arbeit: Biologische Beobachtungen an Gorilla und Schimpanse, Sitzungsber. Ges. Naturf. Freunde, Jahrg. 1920, S. 1.

stellt worden ist, sondern er ist ebenso wie der Schimpanse ein geselliges Tier. Doch ist eine Gorillagesellschaft nicht sehr zahlreich. Meist fand ich acht bis zehn Nester an einem Lagerplatze vereinigt; die höchste Zahl betrug dreizehn. Wir müssen dabei jedoch berücksichtigen, daß, wie uns die Größe der Nester verrät, die jungen Tiere erst eine eigene Lagerstätte beziehen, wenn sie schon ziemlich herangewachsen, vielleicht drei- bis vierjährig, sind.

Die Lagerstätten der Mitglieder einer Gorillagesellschaft liegen nicht regellos beieinander, sondern wir finden sie zu zwei, drei oder vier in Gruppen vereinigt, die uns deutlich erkennen lassen, daß innerhalb der Herde eine Trennung nach *Familien* besteht. Die Nester einer Familie liegen dicht nebeneinander und sind von der Nachbargruppe etwa acht bis fünfzehn Meter entfernt, so daß die einzelnen Gruppen durch das dichte Pflanzengewirr wie verschiedene Wohnungen gegeneinander abgeschlossen erscheinen. An der Größe der Nester in einem Familienkreise erkennen wir, daß immer nur *zwei* von ihnen erwachsenen Tieren angehören; sind mehr Nester vorhanden, so sind diese stets kleiner, rühren also von halbwüchsigen Jungen her. Aus dieser Beobachtung ergibt sich die sehr bemerkenswerte Tatsache, daß der Gorilla in *Monogamie* lebt.

Bezüglich der Nester, die auf oben geschilderte Weise in einem Busche hergerichtet sind, fällt es auf, daß sie nicht an jeder Lagerstelle anzutreffen sind. Sind sie aber vorhanden, dann zeigt immer nur *eine* Ruhestätte an einem Familienplatze eine derartige Bauart. Auch habe ich gefunden, daß die Nester von Einzelgängern, bei denen es sich stets um alte männliche Tiere handelt, niemals auf solche Art hergerichtet sind. Mir scheint daher, daß nur weibliche Gorillas, und auch diese nur, wenn sie Säuglinge haben, die mühsamer zu bauenden, weichen und federnen Ruhebetten beziehen.

Ganz junge Gorillas waren früher nicht bekannt. Es gelang mir, auf der Jagd ein erst wenige Tage altes Tier zu erbeuten. Es wog nur 2 kg, also erheblich weniger als ein neugeborenes Menschenkind, während doch ein alter Gorilla den ausgewachsenen Menschen bedeutend an Schwere übertrifft. Am ganzen Körper war das Gorillachen sehr spärlich behaart, so daß es fast nackt erschien; nur auf dem Scheitel stieg ein Schopf langer brauner Haare steil in die Höhe. Diese Art der Behaarung verlieh dem Äffchen eine besonders große Menschenähnlichkeit.

Wenn man das kleine Wesen, das an der Brust einer Negeramme prächtig gedieh, in seiner Hilflosigkeit sah, mußte man zu der Überzeugung kommen, daß der Gorillasäugling größter Sorgfalt und Hut seitens der Mutter bedarf. Auf der weichen erhöhten Lagerstätte kann die Mutter das winzige wärmebedürftige Junge gut mit ihrem Körper decken, ohne daß es Gefahr läuft, von ihrem gewichtigen Leibe erdrückt zu werden.

Meine Beobachtungen über das Verhalten des Gorilla bei der Anlage seiner Lagerstätte stimmen ganz und gar nicht mit dem überein, was verschiedene Afrikaner, darunter Männer, die wie *H. v. Koppenfels* auf eigenen Erfahrungen fußen, aus dem Gabungebiet berichtet haben. *Koppenfels* erzählt uns vom Gorilla folgendes: „Er baut jeden Abend ein neues Nest und errichtet dies auf gesunden, schlank gewachsenen, nicht viel über 0,3 m starken Bäumen in einer Höhe von 5–6 m. Dasselbe ist storchartig in der ersten Abzweigung stärkerer Äste aus grünen Reisern angelegt. Die Jungen und, wenn diese noch der Wärme bedürfen, auch die Mutter pflegen darauf der nächtlichen Ruhe, wogegen der Vater zusammengekauert am Fuße des Stammes, mit dem Rücken daran gelehnt, die Nacht verbringt und so die Seinigen vor dem Überfalle des Leoparden beschützt.“ Ich bin weit entfernt, diese Angaben für unzutreffend zu halten und etwa an eine Verwechslung mit Schimpansennestern zu denken, die manchmal, wie wir sehen werden, auf ähnliche Art angelegt sind; ich glaube vielmehr, daß sich der Gorilla im nördlichen und im südlichen Urwaldgebiet in dieser Hinsicht verschieden verhält. Bestärkt werde ich in dieser Meinung dadurch, daß Erfahrungen, die ein anderer zuverlässiger Beobachter, *J. v. Oertzen*, in Südkamerun gemacht hat, uns gewissermaßen einen Übergang zwischen dem Verhalten der Affen im Süden und im Norden kennen lehren. *Oertzen* fand einmal in der Nähe von Akoafim sechzehn Schlafnester beieinander, von denen sich neun auf dem Boden, sieben in etwa drei bis fünf Meter Höhe in den Zweigen von Schirmbäumen befanden. Schließlich deuten ja die ein bis anderthalb Meter vom Boden entfernten Nestanlagen, die ich den säugenden Müttern zugeschrieben habe, auch noch etwas auf die Baumnester hin.

Welcher Umstand es ist, der die weiblichen und die jungen Gorillas im Süden zur Nachtruhe auf die Bäume treibt, ist schwer zu sagen. Daß sie dort vor den Angriffen des Leoparden Schutz suchen, ist aus dem Grunde wenig wahrscheinlich, weil der Leopard auch im nördlichen Urwaldgebiete häufig ist.

Die Furcht vor dem Leoparden ist es aber ohne Zweifel, die den *Schimpansen* dazu veranlaßt, sein Nachtlager hoch in den Baumwipfeln herzurichten. Nichts ist bezeichnender für die Intelligenz und die Geschicklichkeit dieses Menschenaffen, als die große Mannigfaltigkeit, die uns in der Anlage seiner Nester entgegentritt. Dabei benötigt er, ebenso wie der Gorilla, nur wenige Minuten zur Vollendung seines Werkes. Mit Vorliebe wählt er zu seiner Ruhestätte die sogenannten Schirmbäume (*Musanga smithi*), die mit ihren großen Blättern offenbar besonders geeignet für den Bau bequemer Nester sind und die außerdem eine bevorzugte Nahrungsquelle darstellen. Nur wo ihm Schirmbäume fehlen,

richtet er sich auf anderen Baumarten häuslich ein.

Meist finden wir die Nester in luftiger Höhe von zehn bis zwanzig Metern; bald sitzen sie dicht am Stamme, wo ein starker Ast entspringt, bald sind sie vom Stamme entfernt und haben eine Astgabelung zur Unterlage. Sie können auch ohne feste Unterlage geschickt aus dünnem Geäst zusammengeflochten sein. Die kunstvollsten Bauten sind wohl solche, die aus den äußersten Zweigen zweier nebeneinanderstehender Bäume zusammengesetzt sind und frei in den Lüften schaukeln. Bei der Herstellung werden nicht nur die gerade erreichbaren Äste und Zweige herangebogen und umgeknickt, sondern es werden auch je nach Bedarf abgerissene Zweige und Blätter dazugetragen.

Gelegentlich stößt man auch auf Schimpansennester, die in geringer Höhe, manchmal nur drei bis vier Meter vom Erdboden entfernt, angelegt sind. Meist finden sie sich allein, rühren also von Einzelgängern, alten männlichen Tieren, her. Solche Lagerstätten sind für den Leopard durchaus zugänglich; sie beweisen uns, daß auch der alte Schimpanse den Angriff dieses Raubtiers nicht zu fürchten hat.

Von einem besonderen Schutzdach gegen den Regen, wie es den Berichten des Reisenden *Du Chaillu* zufolge eine Schimpansenart herstellen soll, habe ich nie etwas gesehen; auch gestattet die Anlage der Ruhestätte wohl nur in seltenen Fällen, daß der Schimpanse bei Regengüssen unter seinem Neste Zuflucht sucht, wie mir dies Eingeborene versichert haben. An einem frisch eingefangenen Tiere habe ich jedoch beobachtet, daß es sich beim Einsetzen eines Regengusses Grashalme auf den Rücken häufte, die ihm als Unterlage gegeben worden waren; es scheint daher, daß sich diese Affen auch in der Freiheit gegen die Nässe dadurch schützen, daß sie sich mit abgerissenen Zweigen und Blättern zudecken.

Auf ein und demselben Baume finden wir gewöhnlich nur ein Nest, seltener deren zwei. Da eine Schimpansengesellschaft ziemlich umfangreich ist — die Zahl der Mitglieder mag gewöhnlich zwischen 20 und 30 betragen —, so verteilen sich die Tiere bei der Nachtruhe über ein ausgedehntes Gelände. Wir können also aus der Anlage der Nester nicht so klare Schlüsse auf ihre Beziehungen zueinander ziehen, wie beim Gorilla. So muß es dahingestellt bleiben, ob auch beim Schimpansen die Monogamie herrscht. Immerhin habe ich auf der Jagd nicht den Eindruck gewonnen, daß mehr erwachsene weibliche als männliche Tiere in einer Herde vorhanden sind.

Wie schon gesagt, benutzen Gorilla und Schimpanse ihr Schlafnest immer nur für eine Nacht und wandern am nächsten Morgen wieder davon. Sie haben aber in ihrem Revier offenbar eine Reihe bevorzugter Lagerplätze, die sie mit einer gewissen Regelmäßigkeit wieder aufsuchen.

Man findet nämlich an Orten, an denen die Affen eine Nacht verbracht haben, nahe bei den frisch verlassenen Lagerstätten gewöhnlich andere, die mehr oder weniger verwittert sind und die den Beweis liefern, daß die Tiere an gleicher Stelle früher schon öfter ihre Wohnung aufgeschlagen hatten.

Auf der Wanderschaft bewegen sich beide Affenarten am Boden; indes ist der Gorilla dem Baumleben weit mehr entfremdet als der Schimpanse, was wir ja auch schon aus dem verschiedenen Verhalten bei der Wahl des Platzes für das Nachtlager ersehen. Besteigt der Gorilla auf der Nahrungssuche einen Baum, so klettert er stets am gleichen Stamme wieder herunter. Auch bei nahender Gefahr ist er nicht befähigt, sich von Baum zu Baum zu schwingen, wie es der Schimpanse tut, der erst, wenn er außer Sichtweite des Verfolgers ist, seine Flucht am Boden fortsetzt.

Die Entfernungen, die von den Affen an einem Tage zurückgelegt werden, sind ziemlich beträchtlich. Beim Gorilla können sie sicher acht bis zehn Kilometer betragen; denn ich bin den Spuren dieser Affen im Urwald manchmal mehrere Stunden weit gefolgt, ohne bis an ihren Lagerplatz zu gelangen. Die Jungen, die den Anstrengungen der langen Märsche noch nicht gewachsen sind, werden auf dem Rücken getragen.

Die Menschenaffen sind ausgesprochene Vegetarier, und zwar bilden ihre Hauptnahrung Blätter und Knospen sowie das weiche Mark der Pflanzenstengel, während Früchte aller Art mehr als Zukost dienen. Wenn die Affen in die Pflanzungen der Neger einfallen, dann halten sie sich besonders an die Bananen- und Pisangstauden. Dabei haben sie es weniger auf die Früchte abgesehen, die gewöhnlich schon vor ihrer völligen Reife von den Eingeborenen abgeschnitten werden, sondern sie brechen die Stauden um und verzehren die weichen inneren Blattstiele.

Neben der ausschließlich pflanzlichen Kost kann eine etwaige gelegentliche Aufnahme von Nahrung tierischer Natur keine Rolle spielen. Bei allen Untersuchungen des Darminhalts erlegter Gorillas und Schimpansen, die von früheren Beobachtern und von mir selbst vorgenommen wurden, fehlten Reste von Fleischnahrung völlig. Ohne Zweifel werden hin und wieder Vogelei verzehrt; denn ein eingefangener Schimpanse erwies sich mit deren sachgemäßer Behandlung vertraut, indem er in ein ihm gereichtes Hühnerei an der Spitze mit den Zähnen ein Loch stieß und es dann ausschlürfte. In der Gefangenschaft ändern sich die Bedürfnisse der Menschenaffen. Hier nehmen sie Fleischnahrung, wenn sie sich erst einmal daran gewöhnt haben, mit großer Vorliebe zu sich.

Eine von Gorilla und Schimpanse sehr bevorzugte Nährpflanze ist der Schirmbaum

(*Musanga smithi*), von dem hauptsächlich die großen Blattknospen, daneben auch die süßschmeckenden Früchte gefressen werden. Da diese Baumart den sogenannten Sekundärwald, d. h. denjenigen Waldbestand, der auf altem, verlassenen Farmgelände nachwächst, vielfach ganz und gar zusammensetzt, so kommt es, daß die Menschenaffen gerade den Sekundärwald, der natürlich in stark bewohnten Gegenden und in der Umgebung von Ortschaften besonders ausgedehnt ist, mit Vorliebe aufsuchen. So kommen sie recht häufig in die unmittelbare Nähe des Menschen, und es kann nicht weiter überraschen, wenn wir manchmal nur wenige hundert Schritte von Negerhütten entfernt auf Lagerstätten des Gorilla oder Schimpansen stoßen.

Der Schimpanse ist trotz dieser Dreistigkeit vor dem Menschen auf der Hut. Der Eingeborene stellt ihm ja auch vielfach nach, denn bei denjenigen Stämmen, die Menschenfresser sind, gilt das Fleisch der Menschenaffen, das nach Versicherung der Kenner dem Menschenfleisch sehr ähnlich schmeckt, als besonderer Leckerbissen. Sobald der Schimpanse merkt, daß man sich ihm nähert, macht er sich davon und läßt sich nicht wieder blicken. Es ist für den Jäger tagsüber daher kaum möglich, auf die vorsichtigen Tiere zum Schuß zu kommen. Am leichtesten erlegt man sie, wenn man sich bei Morgengrauen unter ihre Nester schleicht. Man kann dann gutes Büchsenlicht abwarten, da die Affen ihr Nachtlager erst verlassen, wenn es völlig hell geworden ist.

Ganz anders als der Schimpanse stellt sich der Gorilla dem Menschen gegenüber. Sicherlich ist sein Verhalten nicht allorts das gleiche und wird sehr davon abhängen, ob der Mensch in einer Gegend ihm gegenüber angriffslustig ist oder nicht. In den Gegenden, auf die sich meine Beobachtungen erstrecken, konnten die Neger infolge des Pulvereinfuhrverbots in Kamerun die etwa noch in ihrem Besitze befindlichen alten Vorderlader nicht verwenden. Mit Speeren und Pfeilen wagten sie dem Gorilla aber nicht zu Leibe zu rücken; sie gingen ihm vielmehr, wenn sie ihm einzeln begegneten, schleunigst aus dem Wege. Mut ist in der ganzen Welt zumeist nichts anderes als Wahrnehmung der Furcht des Gegners, und da die Erfahrung die intelligenten Tiere gelehrt hatte, daß der Mensch ihnen auswich, so zeigten sie ihrerseits wenig Scheu.

Tagsüber, wenn der Gorilla wandert, ist es allerdings schwierig, sich ihm zu nähern, wenn man ihn aber bei Tagesanbruch an seiner Lagerstätte aufsucht, während er noch mit seinem Frühstück beschäftigt ist, dann läßt er den Menschen ganz dicht herankommen. Wird ein männliches Tier des Ankömmlings gewahr, so stößt es ein kurzes heiseres Gebrüll zwei-, dreimal schnell nacheinander aus, bleibt dabei aber ruhig an seinem Platze sitzen. Das Gebrüll soll offenbar eine Warnung sein und genügt nach der Er-

fahrung des Gorilla in der Regel, den Menschen zu schnellem Rückzuge zu veranlassen; gleichzeitig macht es Weibchen und Junge auf die Nähe eines verdächtigen Wesens aufmerksam, denn diese ziehen sich etwas zurück.

Auf diese Weise kann man sich dem Manne bis auf wenige Schritte nähern, meist allerdings, ohne in dem dichten Blättergewirr des Unterholzes etwas rechtes von ihm zu sehen. Unter erneutem Gebrüll weicht er schließlich ein paar Meter zurück. Folgt man nach, so vernimmt man neben wiederholtem Gebrüll klatschende und trommelnde Geräusche. Diese teils mit den flachen Händen, teils mit den Fäusten hervorgegerufenen Töne sollen nach der Versicherung der Neger die Ankündigung zum Angriff sein. Ich habe jedoch nicht erlebt, daß ein Gorilla auf mich losgerannt wäre; rückte ich ihm weiter zu Leibe, so ergriff er schließlich unter anhaltendem Brüllen die Flucht.

Etwas anders ist das Benehmen der Affen, wenn man auf das erste Warnungszeichen stehen bleibt und sich abwartend verhält. Dann wächst ihnen der Mut, und sie kommen selber näher. Allerdings laufen sie nicht geradeswegs heran, sondern im Zickzackkurse, um den Störenfried von den verschiedensten Seiten zu betrachten. Bei einer solchen Gelegenheit rückten mir die Kerle so dicht auf den Leib, daß ich keinen Zweifel mehr hegte, sie wären im nächsten Augenblick über mich hergefallen, wenn ich nicht einen von ihnen umgelegt und damit die anderen zu schleunigem Abzug veranlaßt hätte.

Meine persönlichen Erfahrungen erstrecken sich nur auf das Benehmen in Gesellschaften lebender Gorillas; es ist mir leider nie gelungen, die Bekanntschaft eines Einzelgängers zu machen. Diese alten einsam lebenden Männer sind zweifellos sehr viel bössartiger. Es gibt unter ihnen richtige Wegelagerer, die den ahnungslos Daherkommenden ungereizt überfallen und ihn schwer verletzen oder umbringen, wenn es ihm nicht gelingt, sich durch eilige Flucht zu retten. Derartige Fälle sind mir mehrfach zuverlässig bekannt geworden. Manche einsamen Wege, die von solchen Raufbolden unsicher gemacht werden, sind verrufen und werden von den Negern nur in Gesellschaft und nicht ohne Waffen begangen.

Auch in Pflanzungen kommen Überfälle vor, und hier werden wohl auch die gesellig lebenden Affen manchmal angriffslustig, wenn sie sich in ihrer Absicht, in der Farm ihre Abendmahlzeit einzunehmen, durch einen dort anwesenden Menschen belästigt fühlen. Da sind es dann meistens Weiber, gegen die die Angriffe gerichtet werden, und zwar einfach aus dem Grunde, weil der Neger die Arbeit in den Pflanzungen den Frauen überläßt. Solche Fälle müssen, wenn sie dem Europäer bekannt werden, dazu herhalten, der alten Sage von dem nach Menschenweibern lüsternen Gorilla neuen Stoff zu bieten.

Ich habe schon vor Jahren in einem kurzen Zeitungsartikel (Tägl. Rundschau) darauf hingewiesen, daß die Ansicht, der freilebende Gorilla werde von Frauen geschlechtlich angezogen und falle gelegentlich über sie her, um sie mit sich zu schleppen, jeglicher Grundlage entbehrt. Dadurch habe ich den Groll des unter dem Pseudonym *Theodor Zell* bekannten Schriftstellers erregt, der sich sowohl in der genannten Zeitung, als auch neuerdings in seinem Buche „Die Diktatur der Liebe“ (Hamburg, 1919) gegen meine Behauptung gewandt hat. Die von Herrn Dr. Zell gegen mich geführte Polemik erledigt sich zum größten Teil dadurch, daß ich niemals zu der Frage Stellung genommen habe, ob Tiere durch das Geschlecht des Menschen, zu dem sie in Beziehung treten, irgendwie beeinflusst werden, sondern lediglich die eine Tatsache festgestellt habe, daß der Gorilla in seiner Heimat sich nicht an Frauen vergreift. Der zottige Waldmensch als Frauenräuber ist aber für den populärwissenschaftlichen Schriftsteller ein Inventarstück von so kräftiger Wirkung, daß er es sich begreiflicherweise nicht gern entwinden läßt. Ich möchte deshalb auf diesen Punkt zur Klärung der Meinungen noch etwas näher eingehen.

Der Reisende *Du Chaillu* hat die Geschichte von Eingeborenen gehört, mißt ihr aber selbst keine Glaubwürdigkeit bei. Andere ernsthafte Forscher, wie *Savage* und *Livingstone*, haben nicht einmal einen derartigen Glauben bei den Negern vorgefunden, die sie in dieser Richtung befragten. Ich selbst konnte feststellen, daß weder am Njong noch am Dscha die Eingeborenen in gorillareichen Gegenden von derartigen Neigungen dieses Affen je etwas vernommen hatten.

Die Sage vom frauenraubenden Gorilla ist bei den Negern also keineswegs überall dort verbreitet, wo der Gorilla zu Hause ist, und das müßte doch der Fall sein, wenn ihr irgendwelche Tatsachen zugrunde lägen. Wo das Märchen auftauchen mag, ist auch sein Ursprung aus gewissen abergläubischen Vorstellungen der Eingeborenen ganz klar. Bei verschiedenen Stämmen herrscht die Überzeugung, daß manche mit Zauberkraften begabten Leute sich in bedeutende Tiere, wie Gorillas, Leoparden oder Elefanten, verwandeln können, oder daß deren Seele in solcher Tiergestalt umgehe. Diese Fabelwesen sollen dann allerlei Übeltaten begehen, und so mag ihnen auch einmal eine Entführung zugeschrieben werden, wenn etwa eine Frau, die ihrem Manne entlaufen und einem Liebhaber gefolgt ist, hinterher aus Furcht vor Strafe behauptet, der Betreffende habe sie in der Gestalt eines Gorilla davongeschleppt, so daß sie keinen Widerstand leisten konnte.

Wie weit entfernt der Neger davon ist, dem Gorilla eine Lüsterheit nach menschlichen Weibern zuzutrauen, das geht aufs klarste aus

der Rolle hervor, die dieser Affe in den religiösen Gebräuchen der in seinem Hauptverbreitungsgebiete wohnenden Eingeborenen spielt. In vorzüglicher Weise hat uns hierüber *Tefmann* in seiner Pangwe-Monographie unterrichtet. In den Kulte tritt der Gorilla als Symbol des Guten auf, während der Schimpanse als Sinnbild des Bösen dient. Diese Wertschätzung verdankt der Gorilla seinem ruhigen bedächtigen Wesen gegenüber dem läppischen Benehmen des Schimpansen, daneben aber dem Umstande, daß nach der Meinung des Negers bei ihm im Gegensatz zum Schimpanse auch der Geschlechtstrieb wenig ausgeprägt ist. Diese Vorstellung versteigt sich sogar bis zu dem Glauben, daß der Gorilla unter seinen Verfolgern denjenigen herauskennt und zuerst angreift, der in der letzten Nacht mit einem Weibe verkehrt hat. Ich habe die Erfahrung gemacht, daß ein Mann, dessen Gewissen in dieser Hinsicht nicht rein ist, den Jäger nicht auf die Gorillajagd zu begleiten wagt. Wohl kaum würde der Gorilla bei den Negern im Rufe besonderer Enthaltensamkeit stehen, wenn er ihren Weibern nachstellte.

Über Rutherfords Entdeckung eines neuen leichten Atomkernes.

Von Adolf Smekal, Wien.

§ 1. Einleitung. Rutherfords Ergebnisse von 1919.

Bekanntlich ist es *Rutherford* vor etwas mehr als Jahresfrist gelungen, den Kern des Stickstoffatoms zu zertrümmern. Diese überraschende und fundamentale Entdeckung ergab sich beim Studium des Verhaltens eines sehr kräftigen Parallelstrahlbündels von α -Strahlen in Luft und reinem Stickstoff. Als *Rutherford* ein solches Bündel in reinen Wasserstoff austreten ließ, erhielt er außerhalb der Reichweite der α -Strahlen neue Strahlen von ähnlichen Eigenschaften, nämlich gleichfalls positiver Ladung, aber von wesentlich größerer, etwa 4-facher Reichweite¹⁾. Ablenkungsversuche im magnetischen und elektrischen Felde²⁾ zeigten, daß diese Strahlen schnellbewegte Wasserstoffkerne sind, also von Zusammenstößen der α -Strahlen mit den Kernen der Wasserstoffatome des Gases herrühren müssen. Dieses Ergebnis entsprach durchaus den Erwartungen, mit denen man an das Experiment herangegangen war. Aus einfachen Stoßbetrachtungen ergibt sich nämlich, daß durch α -Strahl-Stoß entstandene H-Strahlen eine etwa viermal so große Reichweite besitzen müssen als die stoßenden α -Strahlen selbst, im Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund. α -Strahlen von RaC mit einer Reichweite von 7,0 cm in Luft ergeben daher

¹⁾ *E. Rutherford*, Phil. Mag. 37, 537, 1919 (zitiert als I).

²⁾ *E. Rutherford*, Phil. Mag. 37, 562, 1919 (II).

H-Strahlen, deren Reichweite, auf Luft bezogen, 28 cm beträgt.

Nach dieser weitgehenden Bestätigung der Stoßgesetze zwischen α -Teilchen und H-Kern erwartete Rutherford Ähnliches für die Atomkerne anderer leichter Elemente. Die Theorie zeigt hier aber sofort³⁾, daß beim Zusammenstoß mit Kernen, deren Masse größer als die des Heliumkernes, d. h. des α -Teilchens selbst ist, überhaupt nur einfach geladene Atomionen sich außerhalb der Reichweite der α -Strahlen bemerkbar machen könnten, und zwar bloß für die leichten Elemente des periodischen Systems bis einschließlich des Sauerstoffes. Atomkerne anderer bekannter Elemente als Wasserstoff können also durch α -Strahlstoß auch unter den günstigsten Bedingungen nicht über die Reichweite der α -Strahlen hinaus transportiert werden.

Indem Rutherford mit derartigen Schlüssen die für H-Atomkerne zutreffenden Gesetze stillschweigend auch für Atomionen als gültig annahm, deutete er die bei seinen Versuchen in Sauerstoff, Luft, Kohlendioxyd und Stickstoff außerhalb der α -Reichweite 7,0 cm auftretenden Strahlen von der Reichweite 9,0 cm naturgemäß als Sauerstoff- bzw. Stickstoffstrahlen. Auffallend und Aufklärung fordernd blieb aber die Übereinstimmung der Reichweiten dieser beiden Strahlensorten; während einfach geladene Stickstoffionen theoretisch eine Reichweite von 9,3 cm, ebenso solche Sauerstoffionen aber eine Reichweite von 7,8 cm erhalten sollten, fand sich ein gemeinsamer von beiden Zahlen abweichender Wert. Diese Tatsachen blieben in Rutherfords Arbeiten von 1919 völlig ungeklärt. — Das Hauptinteresse konzentrierte sich damals begreiflicherweise auf die weitere Entdeckung, daß die α -Strahl-Zusammenstöße mit Stickstoffatomen außer zur Entstehung der schon erwähnten „Stickstoffstrahlen“ von der Reichweite 9 cm noch zu einer weiteren Strahlung von einer Reichweite von ca. 28 cm Veranlassung geben⁴⁾. Die Übereinstimmung dieser letzteren Strahlen mit in reinem Wasserstoff erzeugten H-Strahlen bezüglich Reichweite und Szintillationsfähigkeit sowie Spekulationen über das Atomgewicht des Stickstoffs brachten Rutherford zu der Überzeugung, daß die Entstehung dieser Strahlen auf eine Zertrümmerung mancher unter besonders günstigen Bedingungen von α -Teilchen getroffenen Stickstoffkerne zurückgeht, und daß die herausgeschossenen Korpuskeln großer Reichweite H-Kerne seien. Da die Bestimmung des Verhältnisses Ladung zu Masse für diese Teilchen durch Ablenkung im magnetischen und elektrischen Felde damals noch nicht mit genügender Sicherheit gelang, mußte die Möglichkeit offen gelassen werden, daß dieselben vielleicht nicht gewöhnliche Wasserstoffkerne, son-

dern Kerne eines Wasserstoffisotops $H^{(2)}$ von der Masse 2 darstellten. Im ersteren Falle wurde der Stickstoffkern mit Rücksicht auf sein Atomgewicht 14 und seine Gesamtladung 7 aus 3 Heliumkernen, 2 H-Kernen und einem Elektron bestehend gedacht ($14 = 3 \cdot 4 + 2 \cdot 1$; $7 = 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1 - 1$), im zweiten Falle aus 3 He-Kernen und einem $H^{(2)}$ -Kern ($14 = 3 \cdot 4 + 2$; $7 = 3 \cdot 2 + 1$).

§ 2. Versuche einer theoretischen Deutung der Rutherfordschen Ergebnisse von 1919.

Auf Grund einer modifizierten Fassung der Proutischen Hypothese, wonach alle Atomkerne aus Wasserstoffkernen und Elektronen aufgebaut sein sollen, gelang es Sommerfeld⁵⁾, Lenz⁶⁾ und dem Verfasser⁷⁾ mit Hilfe des relativistischen Satzes von der Trägheit der Energie (Energie = Masse mal Quadrat der Lichtgeschwindigkeit) die Stickstoffkernzerlegung an sich energetisch zu begründen, wobei von der damals ziemlich selbstverständlichen Voraussetzung einer Teilnahme von He-Kernen (wie bereits oben angedeutet) am Aufbau des Stickstoffkernes Gebrauch gemacht werden mußte. (Lenz und der Verfasser haben auf dem gleichen Wege auch die wahrscheinliche, unbemerkt gebliebene Zerlegung des Sauerstoffkernes bei den Rutherfordschen Versuchen vorausgesagt.) Schwierigkeiten bereitete aber die Beantwortung der Rutherfordschen Alternative, ob bei der Stickstoffkernzerlegung H- oder $H^{(2)}$ -Kerne fortgeschleudert werden. Da sich der Energieinhalt der Atomkerne, nach der relativistischen Energie-Masse-Beziehung beurteilt, in den Abweichungen der Atomgewichte von der Ganzzahligkeit, und zwar erst in der dritten Dezimale derselben ändert, war hierzu eigentlich die genaue Kenntnis des Atomgewichtes vom $H^{(2)}$ erforderlich, womit die ganze Frage überhaupt als unbeantwortbar erkannt zu sein schien. Indessen zeigte sich ein Weg, für dieses Atomgewicht ohne allzuvielen Hypothesen eine obere Grenze zu berechnen. In sehr großer Nähe der elementaren Ladungen (Elektronen und Wasserstoffkerne) kann nämlich, wie Lenz⁸⁾ schon früher gezeigt hatte, das Coulombsche Gesetz der Elektrostatik nicht mehr zutreffend sein. Der relativistische Satz von der Trägheit der Energie lieferte den Energieinhalt des He-Kernes und mit ihm an Hand eines von Lenz herrührenden Modelles für das α -Teilchen eine Möglichkeit, die Abweichungen vom Coulombschen Gesetze innerhalb der Kerndimensionen wenigstens für die mittlere Distanz $1,8 \cdot 10^{-13}$ cm quantitativ zu fassen⁹⁾. Mit Hilfe dieser Abweichungen wurde nun eine untere Grenze für den Energieinhalt, des für den

⁵⁾ A. Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien, Braunschweig 1919, S. 538.

⁶⁾ W. Lenz, Die Naturwissenschaften 8, 181, 1920 (im folgenden mit l. c. bezeichnet).

⁷⁾ A. Smekal, Die Naturwissenschaften 8, 206 (1920).

⁸⁾ W. Lenz, Münchn. Ber. 1918, S. 355.

⁹⁾ A. Smekal, Die Naturwissenschaften 8, 640 (1920).

³⁾ E. Rutherford, Phil. Mag. 37, 571, 1919 (III).

⁴⁾ E. Rutherford, Phil. Mag. 37, 581, 1919 (IV).

H⁽²⁾-Kern einzig in Betracht kommenden Modells, berechnet, dessen Radius sich zufälligerweise gerade etwas kleiner als $1,8 \cdot 10^{-13}$ cm ergibt, und damit — wieder mit Hilfe des Satzes, daß jedem Energiebetrag ein gewisses Massenäquivalent zukommt — eine obere Grenze, 1,991, für dessen Atomgewicht gefunden¹⁰⁾. Legt man nun diese Zahl der weiteren Überlegung zugrunde, so zeigt eine elementare Rechnung, daß bei einer Stickstoffkernzerlegung, bei der ein H⁽²⁾-Kern zur Aussendung käme, ein so großer Energiebetrag frei würde, daß man von dessen Wirkungen außerhalb der α -Reichweite jedenfalls viel mehr wahrnehmen müßte, als bloß eine H⁽²⁾-Reichweite von 28 cm. In Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund von Rutherford wird man also das Auftreten von H⁽²⁾-Partikeln bei der N-Kern-Zerlegung zugunsten der Aussendung gewöhnlicher H-Partikel als zu unwahrscheinlich abzulehnen haben.

Während es somit gelang, die Möglichkeit der damals im Mittelpunkt des Interesses stehenden N-Kern-Zerlegung theoretisch zu begreifen, blieb das Zusammenfallen der Reichweiten der „Stickstoff-“ und „Sauerstoffstrahlen“ unaufgeklärt. (Lenz stellte die Hypothese auf, daß beide Strahlungen aus gewöhnlichen He- α -Strahlen größerer Reichweite bestünden, die ihren Ursprung der Zerlegung des N- bzw. O-Kernes verdanken sollten¹¹⁾). Dieser Möglichkeit widerspricht aber die ausdrückliche Angabe Rutherfords¹²⁾, daß „N-Strahlen“ 1,5 cm vor dem Ende ihrer Reichweite ebenso helle Szintillationen ergeben, wie α -Teilchen 1 cm vor dem Ende ihrer Reichweite. Die fraglichen Strahlen können somit nicht identisch mit α -Partikeln sein. Zudem gibt die Annahme, daß „N-“ und „O-Strahlen“ aus gleichbeschaffenen Teilchen bestehen, noch keinerlei Erklärung für die Gleichheit der Reichweiten. Übereinstimmenden Reichweiten entspricht bei Gleichheit der Strahlungen Gleichheit der Energien. Warum aber die Energien, die das ausgesendete Teilchen bei einer N- bzw. O-Zertrümmerung mitbekommt, übereinstimmen sollen, ist a priori nicht einzusehen.)

Während die Verkürzung der Reichweite 9,0 cm der „Stickstoffstrahlen“ gegenüber dem theoretischen Werte 9,3 cm noch plausibel gemacht werden kann, ist der gegenüber dem theoretischen Werte 7,8 cm gefundene höhere Wert 9,0 cm für „O-Strahlen“ ganz unverständlich. Nimmt man an, daß erst α -Strahlen, welche dem einwertigen Stickstoffion eine größere Reichweite als 9,0 cm zu erteilen vermögen, zur Zerlegung des N-Kerns und Herausschleuderung eines H-Strahls befähigt wären, so gewinnt die scheinbare Reichweitenverkürzung der „N-Strahlen“ eine einfache physi-

kalische Bedeutung. In Übereinstimmung mit dieser Deutung wäre auch, daß nach Rutherford wesentlich weniger H-Strahl-Szintillationen gezählt wurden als von „N-Strahlen“ herrührende. Allerdings spricht aber die Reichweite 28 cm der Stickstoff-H-Strahlen nicht zugunsten dieser Auffassung. Die Übereinstimmung dieser, zwar zugestandenermaßen nicht scharf genug bestimmbaren Reichweite mit jener der beim freien Stoß in Wasserstoff entstehenden H-Strahlen wäre erklärlich, wenn die zur Lostrennung eines H-Kernes erforderliche Energie von niedrigerer Größenordnung wäre als jene der stoßerregenden α -Teilchen; dann kann aber wiederum ein so hoher Schwellenwert der Zerlegungsenergie, wie ihn die Reichweitenverkürzung nahegelegt, nicht zugelassen werden.

§ 3. Energetisches über Atomionenstrahlen.

Die widersprechenden Möglichkeiten, zu denen man gelangt, wenn man die in Stickstoff auftretenden Strahlen kürzerer Reichweite als „Stickstoffstrahlen“, die in Sauerstoff auftretenden Strahlen als „Sauerstoffstrahlen“ interpretiert, regen zur näheren Betrachtung der Frage an, ob solche Strahlen überhaupt existieren können.

Wir haben früher hervorgehoben, daß Rutherford zwecks Deutung etwaiger außerhalb der α -Strahl-Reichweite erscheinender Sekundärstrahlungen überhaupt die am Zusammenstoß von α -Teilchen mit H-Atomkernen erprobten Stoßgesetze stillschweigend und unbedenklich auch für Atomionenstrahlungen als gültig angenommen hat. Ob ein Atomkern etwa nach einem zentralen α -Strahl-Stoß noch überhaupt instande ist, alle oder wenigstens die meisten seiner Elektronen bis auf eines mitzuschleppen, muß mehr als fraglich erscheinen. Diese von Rutherford nicht empfundene Schwierigkeit, welche auch bereits Lenz¹³⁾ angedeutet hat, läßt sich zurzeit wohl nicht anders als energetisch beurteilen. So wie das H-Atom beim Auftreffen des α -Teilchens auf seinen Kern sein Elektron verliert — Rutherford hat ausdrücklich darauf hingewiesen, daß Szintillationen schneller neutraler H-Atome beim α -Strahl-Stoß in reinem Wasserstoff nicht beobachtet wurden —, so könnte man erwarten, daß auch die beim Stoß auf die Kerne anderer Atome übertragenen Energien vor allem zunächst für Ionisationsprozesse an diesen Atomen in Frage kommen¹⁴⁾.

Für die zur Fortnahme aller Elektronen eines Atoms von der Kernladung z erforderliche Ionisationsarbeit läßt sich in dem z -fachen des für

¹³⁾ W. Lenz, l. c., S. 185.

¹⁴⁾ Dérartige Betrachtungen lassen sich natürlich auch auf den Rückstoß radioaktiver Atome anwenden. — Daß es sich bei den Kanalstrahlungen um einen anderen Fall handelt als den hier vorliegenden, bei dem es wohl wesentlich auf die Beschleunigung des Atomkernes allein gegen seine Elektronenhülle ankommt, braucht nicht näher betont zu werden.

¹⁰⁾ A. Smekal, Mitt. Ra-Inst. Nr. 129, Wien, Ber. (2a) 129, 455 (1920); Verh. d. D. Phys. Ges. (3) 1, 55, (1920).

¹¹⁾ W. Lenz, l. c. S. 185.

¹²⁾ E. Rutherford, III, S. 576; vgl. A. Smekal, Die Naturwissenschaften 8, 512 (1920).

die Lostrennung des am festesten gebundenen Elektrons erforderlichen Energiebetrages eine obere Grenze angeben. Nach dem Einsteinschen $h\nu$ -Gesetze ist derselbe $h\nu_K$, wo ν_K die Frequenz der härtesten Röntgenabsorptionskante des Atoms, also der K -Kante bedeutet, weil die K -Absorption nach Kossel mit der Entfernung des dem Kerne nächstbefindlichen Elektrons oder eines derselben, falls es deren mehrere gleichwertige gibt, gleichbedeutend ist. Je kleiner die Ordnungszahl z , desto kleiner ist naturgemäß der Energiebedarf zur Fortnahme sämtlicher Elektronen des Atoms.

Für Helium ($z = 2$) ist die Ablösespannung seiner beiden Elektronen von Franck und Knipping direkt gemessen und zu 79,5 Volt bestimmt worden. Drücken wir andererseits die Energie der langsamsten bekannten α -Strahlen, nämlich jener des Uran I in Volt aus, so finden wir rund $4 \cdot 10^6$ Volt¹⁹⁾. Kommt also nur die Energiebilanz zur Beurteilung der Möglichkeit in Frage, ob beim Zusammenstoß eines α -Teilchens mit einem Heliumatomkern einfach geladenes He oder der He-Kern selbst als Sekundärstrahl fortfliegt, so kann nach dem Vergleich beider Zahlen nur das letztere erwartet werden. He-Kerne können aber, wie erwähnt, durch α -Strahl-Stoß keine größere Reichweite als jene der α -Strahlen selbst erhalten. Damit wäre also vielleicht Rutherfords Befund erklärt, daß α -Strahl-Stöße in Heliumgas zu keiner außerhalb der α -Reichweite bemerkbaren Strahlung Anlaß geben.

Da bei anderen Elementen die Ablösespannungen für sämtliche Elektronen nicht bekannt sind, ist man hier auf die Berechnung der erwähnten oberen Grenze $zh\nu_K$ für diese Abtrennungsarbeit angewiesen. Setzen wir für Sauerstoff, $z = 8$, der nach Rutherford noch als einwertiges Atomion außerhalb der Reichweite der α -Strahlen erscheinen könnte, an Stelle der hier unbekannten Frequenz ν_K die größere des Na, $z = 11$, die wir als der von Hjalmar gemessenen Wellenlänge der $K\beta$ -Linie dieses Elementes berechnen, so erhalten wir für $zh\nu_K$ $8,5 \cdot 10^5$ Volt. Erst wenn wir $zh\nu_K$ für die schwersten Elemente berechnen, erhalten wir mit beispielsweise rund 10^7 Volt für das Uran, $z = 92$, einen Wert von der Größenordnung, welche der α -Partikel-Energie entspricht. Bedenken wir aber nur, wieviel diese Größe als obere Grenze über der wirklichen Ablösespannung liegt, so kommen wir zu dem Schluß, daß die Energie selbst der langsamsten bekannten α -Strahlen bei zentralem Stoß hinreichen würde, um Atome beliebiger Ordnungszahl ihrer sämtlichen Elektronen zu berauben. Wenn die energetischen Verhältnisse für die Ionisation allein maßgebend sind, kann man demnach beim α -Strahl-Stoß überhaupt keine Strahlung außerhalb der α -Reichweite erwarten, falls die Atome des verwendeten Gases Helium oder schwerer als

Heliumatome sind, weil bereits die zweifach geladenen Ionen dieser Elemente keine größere als die α -Reichweite erhalten könnten.

Würde es noch ein leichteres Element geben als Helium, also etwa ein Element von der Masse 2 oder 3 mit der Kernladung 1 bzw. 2, so könnten hingegen in einem aus solchen Atomen gebildeten Gase, wie die Theorie lehrt, Strahlen außerhalb der α -Strahl-Reichweite beobachtet werden. Den Zahlen einer Tabelle in Rutherfords dritter Arbeit von 1919 entnehmen wir die Angaben für die hier einzig in Betracht kommenden Möglichkeiten:

$m = 2$	$z = 1$	$R = 32,2 \text{ cm}$
$m = 3$	$z = 1$	$R = 30,8 \text{ cm}^{16)}$
$m = 3$	$z = 2$	$R = 7,7 \text{ cm}$

(m = Masse, z = Kernladung, R = Reichweite der Strahlen, wenn die α -Strahl-Reichweite wie bei RaC 7,0 cm beträgt).

Die beiden ersten Möglichkeiten entsprechen wegen der Kernladung 1 Wasserstoffisotopen, die dritte hingegen einem Heliumisotop. Da wir nun aber derartige Gase nicht kennen, kommt hier die Probe aufs Exempel leider nicht in Betracht. Damit sind auf Grund der besprochenen energetischen Hypothese alle Möglichkeiten für den Zusammenstoß von α -Teilchen mit Atomkernen leichter Elemente bezüglich der Entstehung weitreichender Sekundärstrahlen geprüft. Wenn bei Rutherford Untersuchungen in Sauerstoff und Stickstoff sich derartige Strahlen außerhalb der α -Strahl-Reichweite dennoch gezeigt haben, so müssen sie von einer Zerlegung der betreffenden Kerne durch α -Strahl-Stoß herrühren, ebenso wie dies von den weitreichenderen Sekundärstrahlen in Stickstoff bereits angenommen und theoretisch sichergestellt worden ist (§ 1 und 2). Wir kommen also auf diesem Wege zu der früher erwähnten Hypothese von Lenz zurück, daß es sich hier um von Kernzerlegungen herrührende Spaltprodukte handeln muß, nachdem die Spaltung an sich bereits als energetisch möglich erkannt war (§ 2). Da dieselben aber aus dem schon erwähnten Grunde keine α -Teilchen sein können — und aus solchen wurde ja der O-Kern ausschließlich, der N-Kern im Verein mit H-Kernen, aufgebaut gedacht —, müßte es sich hier um einstweilen unbekannte Massenträger von unbekannter Ladung handeln.

Am ehesten könnten, nach dem eben erwähnten Aufbauschema für den O- und N-Kern, Kohlenstoffkerne als Träger der „O-“ und „N-Strahlen“ vermutet werden. In der Tat haben Lenz und der Verfasser bei ihrer erwähnten energetischen Beurteilung der Zerlegung dieser Kerne

¹⁹⁾ Berechnet nach dem Ansatz: Energie = elektrisches Elementarquantum mal Volt.

¹⁶⁾ Rutherford gibt in seiner Tabelle (III, S. 573) das Verhältnis von R zur α -Strahl-Reichweite für $m = 3$ und Gesamtladung 1 mit 5,05 (in seiner neuen Arbeit mit 5,06) an, was auf einem Rechenfehler beruhen muß; man findet in Wirklichkeit 4,41.

einen Abbau derselben zum C-Kern vorgesehen. Wenn nach der in diesem Paragraphen verwendeten Hypothese keine C-Ionen, sondern nur C-Kerne fortgeschleudert werden könnten, läßt sich aber durch eine einfache Rechnung dartun, daß etwa das 2 $\frac{3}{4}$ -fache der inneren Energie eines α -Teilchens selbst — etwa das 8-fache der Translationsenergie eines RaC- α -Strahles — erforderlich wäre, um dem Kohlenstoffkern die beobachtete Reichweite von 9,0 cm zu erteilen. Ein so ungeheuer großer Energiebetrag müßte also beim Zusammenbruch eines O- oder N-Kernes freiwerden, was, wie aber die Rechnung zeigt, mit den Atomgewichten von O, N, C und He völlig unverträglich ist. Wenn die Hypothese, daß die beim α -Strahl-Stoß auf einen Atomkern übertragene Energie vor allem für Ionisierungsprozesse beansprucht wird, einigermaßen das Richtige trifft, können die von Rutherford in Sauerstoff oder Stickstoff beobachteten Strahlen von der Reichweite 9 cm nur Träger von bisher in der Reihe der Elemente unbekanntem Atomgewicht haben, womit allerdings die bisher angenommene Konstitution des O- und N-Kernes schwerlich in Übereinstimmung gebracht werden kann.

§ 4. Rutherfords neueste Ergebnisse.

In seinem am 3. Juni 1920 gehaltenen Baker-vortrag¹⁷⁾ hat nun Rutherford über neue Versuche berichtet, die volle Klarheit über die Natur der beiden von ihm entdeckten Strahlungen brachten. Sowohl die Strahlen großer Reichweite, die er in Stickstoff erhalten hatte, als die „O-“ und „N-Strahlen“ gleicher Reichweite wurden bezüglich ihrer Ablenkbarkeit im magnetischen Felde untersucht. Bezüglich der ersteren ergab sowohl die Bestimmung der magnetischen Ablenkung selbst, als der direkte Vergleich mit derjenigen von in reinem Wasserstoff erzeugten Wasserstoffstrahlen mit Sicherheit, daß diese Strahlen mit Wasserstoffstrahlen identisch sind. Bezeichnet nämlich e die Ladung eines Partikels, m seine Masse und v seine Geschwindigkeit, so ist der Betrag seiner magnetischen Ablenkung im Vakuum

proportional $\frac{e}{mv}$, ist also — bei bekannter Geschwindigkeit — für Masse und Ladung desselben charakteristisch. Die große Reichweite der in Stickstoff auftretenden Strahlen spricht nun, wenn es auch hier noch, wie Rutherford annimmt, gestattet ist, die Gesetze des freien Zusammenstoßes anzuwenden, für Träger von einfacher Ladung und einem der Massenwerte 1, 2, 3 oder 4.

Vergleicht man nun aber die Größen $\frac{e}{mv}$ für diese vier Möglichkeiten, so zeigt die Rechnung, daß nur für $m=1$, also für Wasserstoffstrahlen, eine größere magnetische Ablenkung resultiert, als für α -Teilchen, wie Rutherford in der Tat auch experimentell gefunden hat. Damit, sowie durch

Vergleich mit in Wasserstoff erzeugten H-Strahlen ist bewiesen, daß die Träger der untersuchten Strahlung Wasserstoffkerne sind, in Übereinstimmung mit der Vorhersage der Theorie und Rutherfords ursprünglichen Vermutungen.

Schwieriger war die Untersuchung der Frage nach der Natur der „O-“ und „N-Strahlen“. Es wurde zunächst die in reinem Sauerstoff entstehende Strahlung auf ihre magnetische Ablenkbarkeit geprüft, später die in Luft erzeugte, und kein Unterschied in dem Verhalten der dem Sauerstoff bzw. dem Stickstoff zuzuschreibenden Strahlen bemerkt, so daß die Identität derselben festzustehen scheint. Wenn diese Strahlen einwertige Ionen irgendeines Elementes mit Ausnahme von Wasserstoff darstellen würden, so ergäbe sich auf Grund der Theorie des freien Zusammenstoßes zwischen α -Partikel und Atomkern eine geringere magnetische Ablenkbarkeit als jene der α -Strahlen. Entgegen dieser Erwartung zeigte sich aber, daß die Strahlen ebenso wie die H-Strahlen aus Stickstoff stärker abgelenkt werden, somit in Bestätigung der Ergebnisse des § 3 nicht einfach geladene O- oder N-Ionen sein können.

Obwohl nun unbedingt damit zu rechnen war, daß die untersuchten Strahlen von Kernzerlegungen herrühren, machen auch die weiteren Überlegungen Rutherfords von der schon früher bei den Stickstoff-H-Strahlen erwarteten Annahme Gebrauch, daß man Geschwindigkeit bzw. Reichweite der unbekannten Strahlung nach den beim freien Zusammenstoß geltenden Verhältnissen beurteilen könne¹⁸⁾. Da wir mit den näheren Umständen einer Kernzerlegung nicht bekannt sind, muß man dieses Verfahren, etwa die Begründung, es könne sich nicht um H-Strahlen handeln, weil diese eine Reichweite von 28 cm an Stelle von 9 cm haben müßten, als nicht ganz befriedigend ansehen. Man kann aber auch ohne die daraus abgeleitete Behauptung bzw. Annahme, daß die unbekannten Partikel zweifach geladen sein müßten, zu Rutherfords Schlussergebnis gelangen.

Rutherford zeigt nämlich, daß unter den vor kommenden Versuchsbedingungen die mittlere magnetische Ablenkung der unbekannten Partikel 1,14-mal der Ablenkung eines solchen Partikels im Vakuum ist; ferner daß der entsprechende Faktor für H-Strahlen 1,05 beträgt. Die Versuche ergaben nun, daß die magnetische Ablenkung der unbekannten Partikel um 5 % kleiner war als jene der H-Strahlen, während bereits 1919 gefunden worden war, daß die magnetische Ablenkung der H-Strahlen im Vakuum um 25 % größer ist als jene der α -Strahlen. Bezeichnet man die Größen: Ladung, Masse und Geschwindigkeit für das unbekannte Partikel, den H-Kern

¹⁷⁾ E. Rutherford, Roy. Soc. Proc. (A) 97, 374 (1920), (V).

¹⁸⁾ Möglicherweise hat hier das früher erwähnte Rechenversehen eine Rolle gespielt. Für $m=3$, $z=2$ ergibt nämlich die Rutherfordsche Zahl eine Reichweite von 8,84 cm, in naher Übereinstimmung mit 9,0 cm.

sowie das α -Teilchen mit e ; m , v ; E' , M' , V' bzw. E , M , V , so ist also

$$1,14 \frac{e}{m v} = \frac{1,05 E'}{1,05 M' V'} = \frac{E'}{M' V'} = 1,25 \frac{E}{M V}$$

Setzen wir nun für das α -Teilchen $E = 2$, $M = 4$, so ergibt sich:

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{2} \frac{1,25 v}{1,14 V} \quad (1)$$

Anderseits beträgt aber die Reichweite r eines durch die Größen e , m und v charakterisierten Partikels:

$$r = \kappa \frac{m}{e^2} v^3,$$

worin κ einen von diesen Größen unabhängigen Proportionalitätsfaktor darstellt¹⁹⁾. Lassen wir diese Gleichung für die Reichweite der unbekannten Partikeln gelten, für jene der α -Teilchen hingegen:

$$R = \kappa \frac{M}{E^2} V^3 = \kappa V^3,$$

so ist $r = 9,0$ cm, $R = 7,0$ cm, und deren Verhältnis beträgt:

$$\frac{r}{R} = \frac{9,0}{7,0} = \frac{m}{e^2} \left(\frac{v}{V} \right)^3 \quad (2)$$

Eliminiert man aus den beiden Gleichungen (1)

und (2) das Verhältnis $\frac{v}{V}$, so findet man:

$$\frac{m^2}{e} = \frac{7,0 \cdot 2^3 \cdot 1,14^3}{9,0 \cdot 1,25^3} = 4,72 \quad (3)$$

Nun haben wir die Ladung E des α -Teilchens in Elementarquanten gemessen, indem wir früher $E = 2$ setzten; e muß also in (3) als ganze Zahl auftreten. Ebenso muß aber m nahe eine ganze Zahl sein, wenn wir an dem universellen Aufbau aller Atomkerne aus H-Kernen und Elektronen festhalten, weil M früher in Atomgewichtseinheiten, bezogen auf O = 16,000, angegeben worden war. Nach (3) erhält man nun:

$e = 1$	$m = 2,17$
2	3,07
3	3,76
4	4,35

Es genügt, die Tabelle bis $e = 4$ zu führen, da von hier ab offenbar $e + 1 > m$ herauskäme, was der Prout'schen Hypothese in der hier verwendeten Form widersprechen würde, wenn man bedenkt, daß für den Zusammenhalt der positiven Ladungen des Atomkerns mindestens ein Elektron erforderlich ist.

Rutherford setzt, wie oben bereits erwähnt, $e = 2$ und erhält daher $m = 3,07$. In der Tat zeigt dieser Massenwert die geringste Abweichung von der Ganzzahligkeit. Es ist wohl schwer, sich eine Vorstellung darüber zu machen, mit welchen Fehlern die unter sehr schwierigen Verhältnissen ausgeführten Messungen Rutherfords behaftet sein können, ob dieselben nicht etwa doch zugunsten des Wasserstoffisotops $H^{(2)}$, $m = 2$,

$e = 1$ sprechen könnten. Die Untersuchung der Ablenkung der neuen Strahlen im elektrischen Felde, die eine Bestimmung des Verhältnisses $\frac{e}{m}$ ermöglichen würde, während wir oben $\frac{m^2}{e}$ erhalten haben, wäre daher noch wünschenswert zur vollkommenen Bestätigung der zweifellos jetzt schon sehr gerechtfertigten Annahme, daß die Träger der „O-“ bzw. „N-Strahlen“ Heliumisotope von der Masse 3 darstellen. Rutherford bezeichnet diesen neuen, bisher unbekannten Atomkern mit X_3 .

(Schluß folgt.)

Besprechungen.

Goldschmidt, R., Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1920. 251 S. und 113 Abbildungen. Preis geh. M. 32,—; geb. M. 40,—.

Das vorliegende Buch ist geschrieben, um die Ergebnisse der 10-jährigen Versuche am Schwammspinner (*Lymantria dispar* L.), über die eine abschließende Veröffentlichung (Untersuchungen über Intersexualität, Zeitschr. induktive Abstammungs- und Vererbungslehre Bd. 23, 1920, S. 1—199) soeben erschienen ist, unseren sonstigen Erkenntnissen vom Geschlechtsproblem einzuordnen. Einleitend wird das Wesen der Sexualität besprochen, wobei die Befruchtung vorerst ausgeschaltet werden kann, da die Parthenogenese, d. h. die Bildung weiblicher nicht befruchtungsbedürftiger Geschlechtszellen und die Keimesentwicklung aus ihnen auch einen Geschlechtsakt darstellt. Bei Protozoen, die als „nicht-zellige“ Organismen ebenso eine Individualität bilden wie der Zellstaat des Metazoons, genau wie bei Metazoen auch, häufen sich im Soma während des Individuallebens Stoffe auf, die auf die Dauer nicht entfernt werden können und endlich den physiologischen Tod herbeiführen. Die Geschlechtszellen bzw. bei den Protozoen die generativen Komponenten des nichtzelligen Individuums leben jedoch wie Parasiten im Soma mit sozusagen egoistischem Stoffwechsel, sie unterliegen dem Tode nicht, stellen in ihrem Kernmaterial mit dessen Erbsubstanzen ein unvergängliches Energiedepot dar und sichern so die Kontinuität der Art. Die weitere Lösung des Sexualitätsproblems muß rein chemischer Natur sein. Ist nun zwar in manchen Fällen die Fortpflanzung rein parthenogenetisch, also rein eingeschlechtlich, so herrscht doch zweigeschlechtliche Fortpflanzung bei weitem vor, und es entsteht das weitere Problem der Bisexualität, die Frage nach der Bedeutung der Befruchtung, die natürlich nicht auf die Entwicklungsregung durch die Steigerung der gesamten Oxydationsvorgänge beschränkt sein kann. Die Theorie der Amphimixis ist rein formalistischer Art, und nur physiologische Einsicht auf Grund geeigneter Versuche kann weiter führen. — Teil II behandelt „die elementaren Tatsachenkomplexe“. Ausgehend von einer höchst übersichtlichen und schön illustrierten Darstellung der mendelistischen Grundsätze und der Grundtatsachen der Chromosomenlehre, insbesondere in der Ovo- und Spermatogenese, wird zuerst der Mechanismus der normalen Geschlechtsvererbung besprochen, die Identität des Homo-Heterozygotie-Schemas mit dem Homo-Heterogametie-Schema, indem die mendelistischen Geschlechtsfaktoren in den Geschlechtschromosomen lokalisiert sind, ausführlich bewiesen und ab-

¹⁹⁾ Vgl. etwa W. Lenz, l. c. S. 185, 186.

geleitet. Schöne Schemata der besonders beweiskräftigen chromosomalen Generationszyklen von Aphiden, *Angiostoma nigrovenosum* sowie von *Ancyracanthus* erleichtern das Verständnis. Auch Morgans neue Befunde an *Drosophila* (geschlechtsbegrenzte Vererbung, crossing over, non-disjunction) finden ausführliche Besprechung und Illustrierung. Die Lokalisation der mendelistischen Geschlechtsfaktoren in den Geschlechtschromosomen und deren Verteilung auf die Geschlechter nach dem bekannten Schema der Mendelschen Rückkreuzung kann als ein Grundpfeiler unseres gegenwärtigen Wissensgebäudes betrachtet werden, und der Mechanismus der normalen Geschlechtsverteilung ist durch sie völlig aufgeklärt.

Die Frage nach der Natur, nach dem Wesen der Geschlechtsfaktoren führt nun in die Physiologie der Geschlechtsvererbung hinein, ein bisher noch fast unerschlossenes Gebiet. Die weitere Darstellung fußt nahezu ausschließlich auf der Auswertung der Schwammspinnerbefunde; die so gewonnenen Erklärungsprinzipien werden auf andere verwandte Fälle übertragen. Klarheit brachte das Studium der Intersexualität beim Schwammspinner. Während Angehörige gleicher Rasse stets nur normale Nachkommen haben, treten bei Kreuzungen verschiedener Rassen neben den normalen Männchen und Weibchen Intersexualformen auf, d. h. genetische Weibchen, deren Organe sich von einem bestimmten Zeitpunkt der Entwicklung an, dem sog. Drehpunkt, fortan in männlicher Richtung weiterbilden (weibliche Intersexualität) bzw. genetische Männchen, deren Organ Ausbildung vom Drehpunkte an weibliche Bahnen einschlägt. Wie nun aus den Kreuzungen im einzelnen erschlossen werden kann, haben alle Rassen die gleiche Erbformel hinsichtlich des Geschlechtes, nämlich die $\text{♀♀} = (F) M$, die $\text{♂♂} = (F) MM$, wo M den im X-Chromosom lokalisierten männlichen Geschlechtsfaktor darstellt, der also im weiblichen Geschlechte nur in der Einzahl, im Männchen doppelt vorhanden ist; (F) bedeutet den Weiblichkeitsfaktor, der entweder im Plasma oder, was wahrscheinlicher ist, im Y-Chromosom rein mütterlich vererbt wird; d. h. alle Eier erhalten ihn, trotz Heterozygotie der ♀♀ , von der Mutter, während die Samenfäden ihn nicht in die Zygote einführen. Sollte er im Y-Chromosom liegen, so muß er seine Wirkung auf das Ei schon vor den Reifungsteilungen ausgeübt haben, da auch die männchenerzeugenden Eier ohne Y-Chromosom ihn besitzen. Natürlich muß $M < F < MM$ sein, damit den beiden Formeln normale Weibchen und Männchen entsprechen. Ihrem Wesen nach sind nun diese Geschlechtsfaktoren Enzyme, welche chemische Reaktionen auslösen oder beschleunigen, deren Reaktionsprodukte die Hormone der Geschlechtsdifferenzierung sind. Mit der Menge des vorhandenen Enzyms muß nun die Reaktionsgeschwindigkeit steigen (Massenwirkungsgesetz). Die Menge, das Quantum des Geschlechtsfaktors bzw. des Enzyms, was dasselbe ist, ist aber erblich für jede Rasse festgelegt. Bei der Befruchtung von Gameten gleicher Rasse nun kann es nur auf das Verhältnis der beiden Enzymquanten ankommen. Ist es so abgestimmt, daß infolge ihrer katalysatorischen Wirkung während der ganzen Entwicklungszeit dauernd die in der Zeiteinheit gebildete Menge des männlichen Hormones die des weiblichen Hormones dergestalt überwiegt, daß die Differenz der beiden Hormonquanten stets größer ist als ein konstanter Wert (epistatisches Minimum), so entsteht ein normales Männchen, im umgekehrten Falle ein normales Weibchen. Nun muß die

Reaktionsgeschwindigkeit der Hormonbildung während der Entwicklungszeit zu einem Maximalwerte ansteigen und dann wieder absinken; und da der männliche und der weibliche Maximalwert zu verschiedenen Zeiten erreicht werden, so schneiden sich die beiden Kurven der männlichen bzw. weiblichen Hormonbildung als Funktionen der Entwicklungszeit in irgendeinem Punkte. Liegt dieser Schnittpunkt jenseits des Entwicklungsendes, so ist die Forderung erfüllt, daß das eine Hormon dauernd konzentrierter als das andere ist; das ist also bei normaler Geschlechtsdifferenzierung der Fall. Fällt jedoch der Schnittpunkt innerhalb der Entwicklungszeit, so ist zu Beginn der Organdifferenzierung das eine Hormon konzentrierter; gegen Ende der Entwicklung, nach dem Zeitpunkte der Kurvenüberschneidung aber ist das andere Hormon das konzentriertere. Der Schnittpunkt entspricht also dem Drehpunkte der Geschlechtsdifferenzierung, und es entsteht ein Intersexualtier. Bei den Insekten wie *Lymantria* nun werden die geschlechtsdifferenzierenden Hormone in jeder Körperzelle gebildet; bei Säugetieren dagegen ist die Hormonbildung auf ein bestimmtes Organ, die interstitielle Drüse (Pubertätsdrüse *Steinachs*) beschränkt, von wo aus die Hormone mit dem Blutstrom im Körper verteilt werden. So ist es bei ihnen möglich, durch bloße Kastration bzw. durch Implantation der interstitiellen Drüse des anderen Geschlechts Intersexualität hervorzurufen („hormonische Intersexualität“), während bei den Insekten nur dann Intersexualität auftreten kann, wenn Gameten mit quantitativ falsch abgestimmten Geschlechtsfaktoren (d. h. der Qualität und der Quantität nach erblichen Geschlechtsenzymen) sich zur Zygote vereinigen („zygotische Intersexualität“). Der einzige bisher bekannte Fall echter hormonischer Intersexualität, die Zwickie, wird ausführlich dargestellt; auch die Fälle parasitärer Kastration werden diesem Zusammenhange eingegliedert, und endlich auch die Geschlechtsbestimmung der *Bonellia* (Baltzer) im gleichen Sinne als Intersexualität „durch Aktivierung“ gedeutet. Ein Beispiel für „transitorische Intersexualität“ liefern die Frösche.

Nachdem so die „elementaren Tatsachenkomplexe“ erledigt sind, wendet sich der Verf. Einzelproblemen zu und handelt nacheinander folgende ab: a) Die Vererbung der sekundären Geschlechtscharaktere, wobei Mimetismus und unisexueller Polymorphismus ihre entsprechende Deutung erfahren, ferner der Gynandromorphismus; dieser Ausdruck sollte nur auf die Mosaikzwitter angewandt werden, die am ehesten hinsichtlich ihrer Entstehung den pflanzlichen Chimären zu vergleichen sind. Somit sind Intersexualität und Gynandromorphismus streng zu unterscheiden: bei jener haben alle Körperzellen die gleichen Chromosomenbestände, die Störung ist rein physiologischer Art, indem die Koordination der Reaktionsgeschwindigkeiten der Hormonbildung einerseits, andererseits der Entwicklungszeit gestört ist. Beim Gynandromorphismus dagegen ist der Mechanismus der Geschlechtsverteilung gestört, im Körper liegen Bezirke mit verschiedenem chromosomalen Bestände mosaikartig nebeneinander. — b) Hermaphroditismus. Versteht man unter Hermaphroditismus die Fähigkeit des Organismus, im gleichen Soma Gameten beiderlei Geschlechts zu bilden, so gehören die extremsten Fälle von Intersexualität und Gynandromorphismus, in denen auch die primären, nicht nur die sekundären Geschlechtsmerkmale von einer teilweisen Umbildung betroffen sind, dem Hermaphroditismus zu. Ferner werden noch sechs weitere Unterarten des H. unterschieden und nacheinander

abgehandelt. — c) Parthenogenese und Geschlecht. Der Hymenopterentypus der Geschlechtsbestimmung, ferner die Parthenogenese bei zyklischer Sexualität (Daphnien, Rotatorien, Nematoden, Aphiden usw.) und anderes wird besprochen. — d) Das Zahlenverhältnis der Geschlechter. Die Anzahl der Faktoren, die das normale Geschlechtsverhältnis 1:1 verschieben können, ist außerordentlich groß; sie werden in Form einer Tabelle zusammengefaßt, aus der sich naturgemäß auch die theoretischen Möglichkeiten der willkürlichen Geschlechtsbestimmung ablesen lassen. — e) Zum Schluß bespricht der Verf. die Geschlechtsbestimmung beim Menschen nach den gleichen Grundsätzen (Chromosomenmechanismus wahrscheinlich $\text{♂ } 22 + X + Y$, $\text{♀ } 22 + 2X$, geschlechtsbegrenzte Vererbung, hormonische Intersexualität, Vererbung der sekundären Geschlechtsmerkmale, Hermaphroditismus, Zellenverhältnis der Geschlechter). O. Kochler, Breslau.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über ein neues radioaktives Zerfallsprodukt im Uran.

Seit der Auffindung des Protactiniums, der Muttersubstanz des Actiniums, sind in den drei großen Reihen radioaktiver Stoffe keine Lücken mehr vorhanden, und es kann als ausgeschlossen gelten, daß man noch neue aktive Stoffe finden wird, die sich in direkter Folge in eine der obigen Reihen einfügen lassen. Dabei sei daran erinnert, daß man der Actiniumreihe keine selbständige Existenz zuschreibt, sondern sie als eine sog. Seitenlinie der Uran-Radium-Reihe auffaßt, während die Thoriumreihe unabhängig vom Uran besteht.

Beim genaueren Zusehen scheint sich nun aber herauszustellen, daß unsere Kenntnisse über die Anzahl der radioaktiven Stoffe doch noch keine ganz vollständigen sind. Es ist dem Unterzeichneten vor kurzem gelungen, in gewöhnlichen Uransalzen eine neue radioaktive Substanz kurzer Lebensdauer abzuscheiden und in ihren chemischen und radioaktiven Eigenschaften festzulegen. Es handelt sich um ein Isotop des Protactiniums, also eine Substanz mit tantalähnlichen Eigenschaften; der Körper emittiert β -Strahlen nicht sehr großer Durchdringbarkeit und hat eine Halbwertszeit von etwa 6,8 Stunden, wobei diese Zahl noch keinen Anspruch auf sehr große Genauigkeit macht.

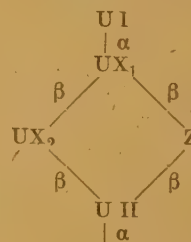
Die Intensität, in der der neue β -strahlende Körper im Uran vorkommt, ist allerdings recht gering, sie beträgt schätzungsweise 0,2 Prozent der Intensität des β -strahlenden Uran X. Bei dieser geringen Intensität mußte man natürlich den Verdacht hegen, daß es sich um eine Infektion mit einer kleinen Menge einer schon bekannten Substanz handelt, und zwar um Mesothor 2. Dieses emittiert nämlich ebenfalls nicht sehr durchdringende β -Strahlen und hat eine Halbwertszeit von 6,2 Stunden. Durch eine große Anzahl von Versuchen wurde diese Möglichkeit aber ausgeschlossen, und auch durch die chemischen Reaktionen der beiden Substanzen ihre absolute Verschiedenheit sichergestellt.

Die Herstellung der neuen Substanz gelingt in der Weise, daß man das Uran mit wenig Tantal in gelöster Form versetzt und dieses in geeigneter Weise wieder abscheidet. Die Methode ist also prinzipiell die gleiche, die unlängst von O. Hahn und L. Meitner zur Abscheidung des Protactiniums aus alten Uransalzen zum Zwecke der Lebensdauerbestimmung des Protactiniums benutzt wurde. Im vorliegenden Falle

muß man nur ziemlich viel Uran verwenden und schnell arbeiten, sonst werden die Intensitäten zu gering.

Auch muß die Trennung von Uran X gut durchgeführt werden, weil zur Zeit der Messung die Aktivität der neuen Substanz kaum mehr als $\frac{1}{1000}$ der Aktivität des dazugehörigen Uran X ausmacht. Eine Verunreinigung mit 1 Promille Uran X bedingt also schon 50 % Verunreinigung des neuen Körpers. Trotzdem gelang es, Präparate zu erhalten, die auf 5 % ihrer Anfangsaktivität nach einem Exponentialgesetz abnahmen, die also zu 95 % radioaktiv rein waren.

Das neue Produkt sei vorerst kurz als Z bezeichnet. Was seine Muttersubstanz angeht, so muß diese entweder ein 4-wertiger β -Strahler oder ein 7-wertiger α -Strahler sein. Ersteres ist das Wahrscheinlichere, und es ist naheliegend, als Muttersubstanz entweder das UX_1 oder das mit dem UX_1 isotope UY anzunehmen. Um diese Frage aufzuklären, wurden Versuche mit verschiedenen altem Uran X vorgenommen. Es zeigte sich, daß man Z auch aus gealtertem UX herstellen kann. UY , das mit einer Halbwertszeit von 1 Tag zerfällt, scheidet als Muttersubstanz daher aus. Falls UX_1 die Muttersubstanz ist, dann muß die Ausbeute an Z aus UX -Präparaten mit der Halbwertszeit des UX_1 , also rund 24 Tagen, abnehmen. Ob dies tatsächlich der Fall ist, konnte noch nicht genau festgestellt werden. Versuche darüber sind im Gange. Falls sich diese genetische Beziehung bestätigt, so muß man für das UX_1 einen dualen Zerfall annehmen, wie ihn das folgende Schema veranschaulicht:



Sollte es sich dagegen herausstellen, daß UX_1 nicht die Muttersubstanz von Z ist, so hätte man ein mit UX_1 isotope Produkt anzunehmen, für dessen Ursprung dann nur ein neues Uranisotop UIII in Frage käme. Dieses wäre dann vermutlich die Ausgangssubstanz für eine neue Reihe radioaktiver Zerfallsprodukte, deren einzelne Glieder sich unter die entsprechenden Isotopen Glieder der Uran-Radium-Reihe mischten, und die man bei ihrer geringen Intensität bisher sehr wohl hätte übersehen können. Auf die mancherlei sich hieraus ergebenden Folgerungen sei hier vorerst nicht eingegangen, weil ja das Experiment in nicht zu langer Zeit entscheiden wird, welche der beiden Entstehungsmöglichkeiten von Z den Tatsachen entspricht.

Berlin-Dahlem, den 21. Januar 1921.

Otto Hahn,

Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.
(Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 2. November berichteten Prof. Kaßner und Prof. Stüring über die 13. allgemeine Ver-

sammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft in Leipzig am 4. bis 6. Oktober 1920, und zwar *Kapner* über den allgemeinen Verlauf, *Süring* über einige wissenschaftliche Ergebnisse.

Am 7. Dezember sprach Dr. *Barkow* über die **Drachen- und Ballonaufstiege der Deutschen Antarktischen Expedition 1911 bis 1912**. Durch ein recht reichhaltiges Material (140 Drachen- und Fesselballonaufstiege und 120 Pilotaufstiege) hat Herr *Barkow* zum ersten Male für die Antarktis die eigenartigen Temperatur- und Windverhältnisse der höheren Luftschichten erforscht. Im Winter herrscht bis 800 m fast stets Temperaturinversion — im Monatsmittel des Juli $11,6^{\circ}$ —, darüber Isothermie mit anschließender Temperaturabnahme, so daß erst in 3000 Meter Höhe die Bodentemperatur wieder erreicht wird. Im Sommer wurde sehr langsame Temperaturabnahme beobachtet. Die Hauptursache für die Inversion ist die Strahlung der Bodenschicht; die Oberfläche des Inlandseises ist rund 2° kälter als die darüber liegende Luft. Das Absinken des antizyklonalen Luftstromes und seine damit verbundene Querschnittsvergrößerung bewirkt eine weitere Verminderung des Gradienten. Jährliche und tägliche Temperaturamplitude nehmen mit der Höhe rasch ab; in 1000 m ist die Temperatur fast unabhängig von den zufälligen Schwankungen am Boden.

Das Mischungsverhältnis der Feuchtigkeit ist für fast alle Höhen konstant, die Luft ist also von einheitlicher Herkunft. Nur die untersten Schichten machen mit ihrer geringeren spezifischen Feuchtigkeit eine Ausnahme, hier tritt infolge der Inversion wahrscheinlich ein Ausscheiden der Feuchtigkeit, also Übersättigung über Eis ein. Rechnerisch läßt sich zeigen, daß selbst im absteigenden Strom der Antizyklone die geringe Feuchtigkeit durch Bodeninversion so weit kompensiert wird, daß Kondensation statt Verdunstung über Eis eintritt.

Der Wind dreht anfangs mit der Höhe nach links, von der oberen Inversionsgrenze an, wo auch ein sekundäres Maximum der Geschwindigkeit eintritt, meist nach rechts. Bei 2000 m beginnt ein allmählicher Übergang in eine Westströmung, bei 7500 m hört im Sommer die Stetigkeit der Windrichtung auf, es setzt starke Rechtsdrehung ein, und die Geschwindigkeit nimmt ab; wahrscheinlich liegt hier die Grenze zwischen Tropo- und Stratosphäre. Ob im Winter bei dem Fehlen der Einstrahlung eine scharfe Grenze überhaupt vorhanden ist, ist noch zweifelhaft.

Eine Trennung in verschiedene Inversionstypen führte zu dem wertvollen Ergebnis, daß bei 11–12 mps Windgeschwindigkeit in der Höhe die Stabilität der Bodeninversion ein Ende hat. Plötzliche Temperatursteigerungen am Boden, die durch Advektion nicht zu erklären sind, z. B. Südstürme, werden auf diese Weise verständlich. Zum Schlusse wurde auf die Beziehung zwischen Temperaturinversion und jährlichem Luftdruckgang hingewiesen; durch sie wird am Boden eine doppelte Druckwelle erzeugt, aber mit zunehmender Höhe wird das winterliche Maximum immer flacher und verschwindet bei 2000 m Höhe.

Sü.

eines Archivs für die Paläogeographie Deutschlands. Im Anschluß an seine Ausführungen in der Novemberversitzung betonte Herr *Schmidt* nochmals, daß es nur durch die Mitarbeit aller Fachleute gelingen könne, vollwertige paläogeographische Karten herzustellen; es sei nötig, an alle Spezialforscher Schwarzblätter zu versenden, in die, für jede einzelne Zone getrennt, alle bekannten oder vermuteten geologischen Daten einzutragen seien. Die von den einzelnen Forschern gelieferten Unterlagen müßten in einem Archiv gesammelt und von einer Kommission verarbeitet werden. Als Ziel denkt sich Herr *Schmidt* einen Atlas von paläogeographischen Karten Mitteleuropas.

In der Diskussion betonte zunächst Herr *Krusch* die Bedeutung der Anregung *Schmidts*, bezweifelte aber dann die Durchführbarkeit der Aufgabe, weil es an geeigneten Bearbeitern des umfangreichen Materials und an den erforderlichen Geldmitteln fehlen würde. Die Herren *Wolf* und *Bärtling* traten der Ansicht von *Krusch* bei und warnten ebenfalls vor Inangriffnahme neuer großer Aufgaben, da die Durchführung des bisherigen Arbeitsprogrammes unter den heutigen Verhältnissen bereits die größten Schwierigkeiten bereite. Der Vorsitzende der Gesellschaft dankte Herrn *Schmidt* für die Anregung und gab der Hoffnung Ausdruck, daß es vielleicht in nicht allzuferner Zeit gelingen möchte, den Plan wenigstens für einen einzelnen Zeitabschnitt der mitteleuropäischen geologischen Vergangenheit einmal zur Durchführung zu bringen; der deutschen Forschung würde dadurch in vieler Hinsicht gedient, dem Auslande gegenüber ein bedeutender Vorsprung auf dem Gebiete der Paläogeographie erreicht werden.

Anschließend hielt Herr *Werth* einen Lichtbildervortrag über die Rassenzugehörigkeit des **Ehringsdorfer Diluvialmenschen und die Umgrenzung des Neandertaltypus**. Der Vortragende betonte den großen Gegensatz zwischen den vielen Rassen des jüngeren Diluvialmenschen zu dem einheitlichen Neandertaltypus des älteren Diluviums. Herr *Werth* wandte sich scharf gegen die Versuche, die verschiedenen Funde des Neandertalmenschen mehreren Rassen zuzuweisen; insbesondere betonte er, daß die 1914 und 1916 bei Ehringsdorf unweit Weimar gemachten stratigraphisch so bedeutungsvollen Funde zweier Unterkiefer von *Homo neandertalensis* von *Soergel* mit Unrecht zu einer besonderen Rasse gestellt worden seien, daß vielmehr die speziellen Merkmale dieser Kiefer durchaus in den Variationskreis der bisherigen Funde hineinpaßten, soweit nicht offenbar individuelle, z. T. krankhafte Erscheinungen vorlägen. Alsdann skizzierte *Werth* die Eigentümlichkeiten, welche die Neandertalrasse den älteren und vor allem den jüngeren Menschenrassen gegenüber auszeichnen und als höher spezialisierte Rasse erkennen lassen, als die Menschen des jüngeren Diluviums (*Cro-Magnon*, *Grimaldi* usw.).

Herr *Jaekel* sprach über eine **altchinesische Darstellung eines neandertaloiden Menschen auf einem stilisierten Bronze-Moloch**; er erwähnte dann die neueren Funde zahlreicher Knochen und Artefakte eines *Homo neandertalensis* von Rügen aus der Magdalenien-Zeit und führte aus, daß es den Anschein habe, als ob die Neandertalrasse in Mitteleuropa durch einwandernde neue Rassen nach Norden verdrängt worden sei und hier noch lange Zeit ein Kümmerdasein geführt habe. Herr *Wolf* bemerkte dazu, daß ähnliche Funde, wie die Rügener, auch im Altalluvium von Kiel gemacht worden seien, und daß heute noch auf einigen

Deutsche Geologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 5. Januar 1921 sprach Herr *Herm. Schmidt* über seine Anregung betr. Gründung

dänischen Inseln — ebenso wie in Korea — Menschentypen lebten, die in vieler Hinsicht neanderthaloides Aussehen hätten. Pck.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 6. Dezember hielt Geheimrat Reichenow einen Vortrag über **deutsche Irrgäste** unter Vorlage von Bülgern der wichtigsten in Betracht kommenden Vogelarten, und führte folgendes aus: „Als Irrgäste sind solche Arten zu bezeichnen, die neben den regelmäßig erscheinenden Zugvögeln nur ausnahmsweise und selten einmal aus dem Ausland zu uns kommen, d. h. in einem Jahrzehnt oder im Verlaufe von mehreren Jahrzehnten höchstens einmal oder nur wenige Male an verschiedenen Stellen. In diesem Sinne sind von den 450 für Deutschland nachgewiesenen Arten 20–30 zu bezeichnen. Zwischen diesen Irrgästen und den regelmäßig durchziehenden Arten gibt es noch verschiedene Übergänge, d. h. solche fremden Vögel, die zwar nicht regelmäßig durchziehen, aber doch so häufig hier erscheinen, daß man sie kaum noch als Irrgäste bezeichnen kann. Rechnen wir diese Vögel hinzu, so haben wir im ganzen etwa 90–100 Vogelarten, die wir als Irrgäste im weiteren Sinne des Wortes betrachten können, also etwa 20 % aller deutschen Vogelarten.“

Die Irrgäste kommen aus 5 verschiedenen Richtungen zu uns: Westen, Süden, Norden, Nordosten und Südosten. Zu den aus Westen eintreffenden Irrgästen gehören hauptsächlich amerikanische Arten, wie Möwen, Regenpfeifer, Uferläufer, die im Winter aus ihrer arktischen Heimat längs der Ostküste Amerikas nach dem Süden wandern und wohl durch Stürme nach Europa verschlagen werden, wo sie hauptsächlich auf den britischen Inseln und auf Helgoland erscheinen. Ferner gelangt aus dem Westen noch die Zitronenstelze, *Budytes rayi*, zu uns, die in Frankreich und England heimisch ist. Sie teilt ihr Winterquartier mit unseren deutschen Stelzen in Westafrika und wird anscheinend auf dem Frühjahrszuge von diesen nach Deutschland mitgerissen. Als **nordische** Irrgäste gelangen zu uns verschiedene Sturmvögel, Sturmschwalben, Tölpel, Eis- und Polarmöwen, die Dreizehenmöwe, Enten, wie Prachteiderente, Scheckente, Kragente und Spatelente, sowie Schneegans, langflügler Stein- schmittler und Jagdfalk, die alle den hohen Norden bewohnen. Aus dem Süden kommen zu uns: der afrikanische Gleitaar, der Aasgeier, der Bienenfresser, die blasse Drossel, *Turdus obscurus*, sowie mehrere Vögel des Mittelmeergebiets. Bei allen diesen Arten handelt es sich nicht um ein Verirren auf dem Zuge, sondern um ein gelegentliches Vordringen nach Norden. Aus Nordosten besuchen uns in Nordrußland und Sibirien beheimatete Vögel, im ganzen 30 Arten, hauptsächlich Singvögel, sowie Möwen, schnepfenartige Vögel und Eulen. Für das Erscheinen dieser nordöstlichen Formen läßt sich eine einleuchtende Erklärung schwer angeben. Da sie im Winter südwärts nach Indien ziehen, den großen Flußläufen Ob, Jenessei und Lena folgend, ist ihr Abkommen nach Westen nur schwer verständlich. Vielleicht schließen sich einzelne Arten zufällig solchen Vögeln an, die regelmäßig nach Südwesten ziehen. So mischt sich vielleicht *Charadrius fulvus* unter andere Regenpfeifer, die längs der Meeresküsten nach Westen wandern, und *Anthus richardi* folgt vielleicht seinem Verwandten *Anthus cervinus* auf dessen Zuge nach Westen, ebenso *Saxicola leucomela* der *Saxicola oenanthe*. Dagegen ist es leicht verständlich,

wenn Standvögel, wie z. B. der dünnschnäblige Tannenheher bei Nahrungsmangel ihre nordöstliche Heimat verlassen und nahrungssuchend nach Westen und Südwesten schweifen und so nach Deutschland gelangen. Die größte Gruppe bilden die **südöstlichen** Irrgäste, die aus dem südöstlichen Asien und dem Balkan zu uns kommen; sie umfaßt ca. 40 Arten der verschiedensten Gattungen und Ordnungen. Noch schwerer wie bei den nordöstlichen Irrgästen ist das Erscheinen dieser südöstlichen Vögel zu erklären. Wintersnot und Nahrungsmangel müßte ihnen doch eigentlich die Richtung nach Süden und Südwesten geben. Bei Übervölkerung ihrer Wohngebiete müßten sie ebenfalls die südliche Richtung wählen, denn dort würden sie Gelände finden, das ihnen Raum böte, sich ungestört auszubreiten und anzusiedeln. Statt dessen wandern sie nach Nordwesten in hochkultivierte Länder, die ihnen keine Lebensbedingungen bieten und wo sie in kurzer Zeit elend zugrunde gehen, wie das die Einwanderungen der Steppenpfeifer als bestes Beispiel so oft gezeigt haben. Bekanntlich erfolgten die großen Völkerwanderungen auch nach Nordwesten. Hier war es allerdings vielleicht gerade die Kultur, die sie anlockte, in der Hoffnung, reichere und üppigere Gegenden zu finden als die unkultivierte, ärmliche Heimat. Vielleicht aber war es ein anderer Beweggrund, und vielleicht besteht doch irgendein anderer, uns unbekannter Zusammenhang zwischen der nordwestlichen Wanderung der Völker und der Vogel-scharen.“ —

In der sich anschließenden lebhaften Diskussion bemerkte Dr. Heinroth, daß das Erscheinen südöstlicher asiatischer Arten in Europa vielleicht auf einen zu weit ausgedehnten Frühjahrszug zurückgeführt werden kann, der die Vögel über ihr Ziel hinausschießen läßt. Hierfür spricht der Umstand, daß diese Vögel meist im Frühjahr bei uns eintreffen, und zwar sind es gewöhnlich alte Männchen, die vielleicht die Suche nach einem Weibchen ihren Zug fortsetzen ließ. Baron Loudon hob hervor, daß der Zug nordasiatischer Vögel, besonders der Drosseln, nach Europa deswegen so auffallend sei, weil hierbei ganze Zugstraßen überquert werden. Oberstleutnant v. Lucanus wies darauf hin, daß der Ringversuch ergeben hat, daß auch die meisten europäischen Zugvögel im Herbst nicht nach Süden, sondern nach Westen und Südwesten ziehen; die westliche Richtung ist überhaupt im Vogelzuge stark ausgeprägt.

In der Sitzung am 3. Januar 1921 hielt Dr. Heinroth einen Vortrag über **Entwicklung und Artgewohnheiten der Wildtauben**. An der Hand vorzüglicher Lichtbilder, die das Wachstum aller unserer deutschen Wildtauben vom Ausschlüpfen aus dem Ei bis zum vollendeten Alter zeigten, erläuterte der Vortragende alle Sitten und Gewohnheiten der Tauben und besprach ausführlich die Liebespiele, den Balzflug, die Bedeutung der Rufe und andere biologische Eigentümlichkeiten. Das Rücksen ist kein eigentliches Balzen, sondern nur ein Ausdruck der Erregung, der auch bei anderen Gelegenheiten geäußert wird. Eine auffällige Gewohnheit ist das Zuneistreiben des Täubers, der seine angepaarte Täubin kurz vor dem Legen beständig auf das Nest jagt. Die Paarungseinleitung besteht darin, daß Täuber und Täubin sich selbst mit dem Schnabel ihre eigenen Flügel berühren, worauf die Begattung vollzogen wird. Nach der Paarung befliegt gewöhnlich die Taube den Täuber. Die Brutdauer der domestizierten Tauben währt etwas länger als die der Wildtauben, und die jungen zahmen Tauben haben eine erheblich

lautere Stimme als die Jungen der wilden Stammform, *Columba livia*. Die Gewohnheit der Felsentaube, *Columba livia*, die nicht nur zur Brutzeit, sondern während des ganzen Jahres ihre in Felsenhöhlen liegenden Nistplätze bewohnt, erklärt die Heimatstreue der zahmen Tauben, deren Domestikation aus diesem Grunde so überaus leicht erfolgen konnte.

Oberstleutnant v. Lucanus wies auf eine interessante Mitteilung Dreschers in den „Berichten Schlesischer Ornithologen“ hin. Drescher entnahm aus einem Misteldrosselnest ein Ei und legte es in ein in der Nähe stehendes Singdrosselnest. Später beringte er die Jungen beider Nester. Als die Jungen beider Bruten ausgeflogen waren, verließ die von den Singdrosseln aufgezogene Misteldrossel sofort ihre Stiefeltern und Stiefgeschwister und schloß sich ihren eigenen Eltern und Geschwistern an. Lucanus bemerkte hierzu, daß offenbar der Lockton der in der Nähe befindlichen alten Misteldrosseln die junge bei den Singdrosseln befindliche Misteldrossel angelockt hat — ein Zeichen, daß von den Vögeln die Rufe der Artgenossen ganz instinktiv und reflektorisch verstanden werden auf Grund reiner Vererbung.

Friedrich von Lucanus, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Neue Untersuchungen zur Stellarstatistik. Zwei neue Bände der *Publikationen des Astronomischen Laboratoriums zu Groningen*, Nr. 29 und 30 (Nr. 29 gibt allerdings 1918 als Jahr des Erscheinens an), enthalten äußerst wertvolle, von J. C. Kapteyn und seinen Mitarbeitern gelieferte Beiträge, die sich auf das Problem der Erforschung des Aufbaues und der Bewegungsvorgänge des Sternsystems beziehen.

Nachdem die grundlegenden Untersuchungen H. v. Seeliger (vgl. Die Naturwissenschaften 7. Jahrg., 1919, S. 741) unter Ausnutzung aller bisher vorhandenen Beobachtungstatsachen zum ersten Mal ein in großen Zügen zutreffendes Bild der räumlichen Verteilung der Sterne gegeben haben, handelt es sich nun darum, durch Erweiterung des Beobachtungsmaterials die Einzelheiten im Bau der uns umgebenden Fixsternwelt mehr und mehr herauszuarbeiten. Kapteyn hat mit wenigen anderen schon sehr frühzeitig erkannt, daß wir diesem Ziel nur durch ein planvolles Zusammenfassen aller vorhandenen Instrumente und Arbeitskräfte näher kommen können, und seine bis vor das Jahr 1900 zurückgehenden Vorschläge und Anregungen beginnen jetzt reiche Früchte zu zeitigen.

Es ist erstaunlich, was in den beiden vorliegenden Bänden an neuem Beobachtungsmaterial zusammengetragen werden konnte. Dieses ist an den verschiedensten, über die ganze Erde verteilten Sternwarten gewonnen worden, vielfach allerdings ohne unmittelbaren Zusammenhang mit den Absichten Kapteyns. Wenn aber die amerikanischen Sternwarten an diesem Material den weitaus größten Anteil haben, so liegt dies doch vor allem daran, daß gerade diese Institute die weit ausgreifenden Pläne des holländischen Astronomen aufgenommen und zu ihren eigenen gemacht haben.

In welchem Umfang die Beobachtungsergebnisse sich in den beiden letzten Jahrzehnten vermehrt haben, läßt sich vielleicht daran erkennen, daß Kapteyn im Jahre 1902 nur 58 direkte Parallaxenbestimmungen von Sternen zu seiner Verfügung hatte,

während es jetzt mehr als 700 solcher Werte sind. Noch größer ist die Zunahme der Sterne, mit bekannter Radialgeschwindigkeit. Es sei in diesem Zusammenhang nur erwähnt, daß ein von anderer Seite, von J. Voûte (Weltevreden, Java) zusammengestellter und in der Naturkundig Tijdschrift voor Ned-Indië, Deel 80, abgedruckter Katalog von Radialgeschwindigkeiten 2071 Sterne enthält.

Dieses reiche Beobachtungsmaterial hat es nun gestattet, die bisherigen statistischen Ergebnisse nach verschiedenen Richtungen hin zu erweitern. Die *Eigenbewegungen* der Sterne konnten in größerem Umfang herangezogen, und die Untersuchungen auf die *Sterne 12. Größe und noch schwächere* mit erheblicher Sicherheit ausgedehnt werden. Vor allem war es möglich, zum ersten Male die Sterne nach ihrem *Spektralcharakter* in 6 Untergruppen (Spektralklassen B, A, F, G, K, M) für die einzelnen galaktischen Zonen einzuteilen und jede Gruppe gesondert zu behandeln.

Der 29. Band der *Groninger Publikationen* bezieht sich auf die *säkulare Parallaxe* der Sterne verschiedener Helligkeit, verschiedener galaktischer Breite (d. h. von verschiedenem Abstand von der Milchstraßen-ebene) und verschiedenen spektralen Charakters. Unter säkularer Parallaxe eines Sternes versteht Kapteyn den Wert $h : \rho$, wo h die (geradlinig gedachte) Geschwindigkeit der Sonne in einem Jahr, ρ die Entfernung des Sternes von der Sonne bedeutet. $h : \rho$ gibt den Winkel, unter welchem die Strecke h vom Stern aus wahrgenommen wird, und wird um so kleiner, je weiter der Stern von der Sonne entfernt ist. Bei bekanntem h läßt sich aus der säkularen Parallaxe in einfacher Weise die jährliche Parallaxe (der Winkel, unter welchem die halbe große Achse der Erdbahn vom Stern aus erscheint) herleiten.

Die beobachteten Eigenbewegungen gestatten nun, Durchschnittswerte der säkularen Parallaxen der Sterne verschiedener Größenklassen zu ermitteln. Diese geben uns dann eine Vorstellung der durchschnittlichen Entfernung, in welcher die Sterne einer beobachteten scheinbaren Helligkeit sich von der Sonne befinden. Die Ergebnisse der Kapteynschen Untersuchungen sind mit Hilfe von Interpolationsformeln gewonnen und in Tabellen niedergelegt. Aus letzteren seien einige Auszüge gegeben.

Mittlere säkulare Parallaxe als Funktion der Helligkeit ($Mg.$) und galaktischen Breite (b).

b	0°	30°	60°	90°
$Mg.$				
1,0	0",218	0",244	0",304	0",340
5,0	0,0617	0,0689	0,0859	0,0959
9,0	0,0174	0,0194	0,0242	0,0270
13,0	0,0049	0,0055	0,0068	0,0076

Nimmt man die Geschwindigkeit der Sonne zu 19,5 km in der Sekunde an, so erhält man aus den Werten der Tabelle die jährliche Parallaxe durch Multiplikation mit 0,243. Die bis zur 13. Größenklasse ausgedehnte Tabelle läßt die durchschnittliche Zunahme der Entfernung der Sterne mit abnehmender Helligkeit erkennen und zeigt zugleich, daß die Sterne derselben Helligkeit in der Milchstraße im Durchschnitt weiter entfernt sind als in der Richtung der Pole derselben.

Von besonderem Wert ist es, daß Kapteyn Tabellen derselben Anordnung auch für jede einzelne Spektral-

klasse getrennt aufstellen konnte. Die Sterne gehen ihrer Helligkeit nach in diesen Tabellen nur bis zur neunten Größenklasse, da für schwächere Sterne der Spektralcharakter meist noch unbekannt ist. Die sechs Tabellen für die Spektralklassen B bis M seien auszugsweise zu einer einzigen zusammengezogen, deren Bedeutung ohne weiteres verständlich ist.

Mittlere säkulare Parallaxe als Funktion der Spektralklasse, Helligkeit (*Mg.*) und galaktischen Breite (*b*).

<i>Mg.</i>	<i>b</i> = 0°		<i>b</i> = 90°	
	1,0	9,0	1,0	9,0
B	0",134	0",0059	0",146	0",0064
A	0,245	0,0108	0,267	0,0117
F	0,530	0,0233	0,726	0,0319
G	0,561	0,0247	0,769	0,0338
K	0,324	0,0142	0,444	0,0195
M ¹⁾	0,176	0,0077	0,176	0,0077

Diese Tabelle zeigt deutlich, daß die Sterne derselben Helligkeit, aber von verschiedener Spektralklasse sich in ganz verschiedener Entfernung von der Sonne befinden. Die Sterne der mittleren Klassen F und G liegen bedeutend näher als die der Klassen B und M; die letzteren Sterne sind also absolut genommen viel heller. Die Auffassung — soviel erkennt man auch hier wieder —, daß die Spektralklassen in der angegebenen Reihenfolge Typen einer einzigen fortschreitenden Entwicklung der Sterne darstellen, ist also nicht mehr haltbar. Vielmehr zeigen die Spektralklassen B und M einerseits sowie F und G andererseits Ähnlichkeit in der räumlichen Anordnung²⁾. Daß zukünftige Untersuchungen über den Bau des Fixsternsystems die einzelnen Spektralklassen getrennt behandeln müssen, ist eine selbstverständliche Forderung dieser statistischen Ergebnisse *Kapteyns*, die bei weiterer Verarbeitung noch zweifellos zu wichtigen Schlüssen führen werden.

Der 30. Band der Publikationen des astronomischen Laboratoriums zu Groningen enthält die Ergebnisse von Sternabzählungen. Wieder sind diese Ergebnisse in Tabellen niedergelegt. Wir finden darin die Anzahl der Sterne an der Sphäre (bezogen auf 10 000 Quadratgrade als Flächeneinheit), und zwar für verschiedene galaktische Breiten, getrennt nach Helligkeiten bis herab zur 12. (und teilweise 14.) Größenklasse und getrennt nach verschiedenen großen Eigenbewegungen. Die Sternzahlen sind wieder für alle Spektralklassen zusammen und für jede der sechs Klassen einzeln gegeben³⁾. Vergleicht man damit, was bisher an Sternabzählungen für die Untersuchungen des Sternsystems zur Verfügung stand (an eine Trennung nach Eigenbewegungen und Spektralklassen konnte noch nicht gedacht werden; ebenso waren die Sternzahlen über die neunte Größenklasse hinaus unsicher), so erkennt man den gewaltigen Fortschritt, den die *Kapteynschen* Resultate für die weitere Forschung bedeuten.

¹⁾ Für die M-Sterne sind zufolge einer nachträglichen Berichtigung die mittleren säkularen Parallaxen für alle galaktischen Breiten dieselben.

²⁾ Es ist zu bedauern, daß das vorhandene Beobachtungsmaterial eine Trennung in die Untergruppen M⁽¹⁾, M⁽²⁾ usw. der Spektralklassen (vgl. Die Naturwissenschaften 7. Jahrg., 1919, S. 630) nicht zuließ.

³⁾ Die schwachen M-Sterne sind hierbei auch gesondert behandelt.

Zunächst liefern sie uns freilich nur das Rohmaterial. Die Sternzahlen beziehen sich lediglich auf die Sphäre, auf die scheinbare (von uns aus wahrgenommene) Helligkeit der Sterne und deren Eigenbewegung im Winkelmaß. Was wir erstreben, ist die Kenntnis der räumlichen Verteilung der Sterne im System, ihrer absoluten Helligkeiten und ihrer wirklichen gegenseitigen Bewegungen. Für diese Untersuchungen wird man immer wieder auf die von *H. v. Seeliger* geschaffenen Grundlagen zurückgehen müssen.

Doch haben *Kapteyn* und *P. J. van Rhijn* (On the distribution of the stars in space especially in the high galactic latitudes. The Astrophysical Journal Vol. 52, S. 23) bereits einen Versuch gemacht, das statistische Material nach der angegebenen Richtung hin zu verwerten. Sie konnten vor allem ein schon früher aufgefundenes Gesetz über die Häufigkeit der Sterne verschiedener absoluter Leuchtkraft im Raum wiederum bestätigen und die numerischen Daten verbessern. Betrachtet man irgendeinen Volumenteil des Sternsystems, so werden in diesem Sterne von ganz verschiedenen absoluten Helligkeiten enthalten sein, die ein bestimmtes Mischungsverhältnis zeigen. Dieses Mischungsverhältnis (die relative Häufigkeit der absoluten Sternhelligkeiten) zeigt nun in unserem Sternsystem die folgende Gesetzmäßigkeit, die sich auf die Sterne aller Spektralklassen zusammen bezieht. Sterne von einer mittleren absoluten Leuchtkraft kommen am zahlreichsten vor; Sterne von größerer oder geringerer absoluter Helligkeit finden sich um so weniger, je mehr ihre Leuchtkraft vom mittleren Wert abweicht. Die Häufigkeit gehorcht dabei dem Gaußschen Fehlergesetz; die Sterne gruppieren sich also um eine mittlere Leuchtkraft ebenso wie die Fehler einer Beobachtungsreihe um den Wert Null. Die mittlere absolute Helligkeit ist diejenige eines Sternes von der Größenklasse 2,7 in der Einheit der Entfernung (1 parsec = 3,2 Lichtjahre).

In Verbindung mit diesem Resultat haben *Kapteyn* und *van Rhijn* die Verteilung der Sterne im gesamten System (wieder ohne Rücksicht auf die einzelnen Spektralklassen) von neuem untersucht. Das Ergebnis stimmt mit dem bereits früher (besonders durch *H. v. Seeliger*) erhaltenen, abgesehen von Einzelheiten (vor allem in der Dichtigkeitsabnahme), überein. Die Sonne befindet sich nahe dem Mittelpunkt des Sternsystems, dessen Dichte nach außen zu abnimmt, und zwar in der Richtung der Milchstraße langsam, senkrecht dazu rasch. Die Ausdehnung des ganzen Sternsystems beträgt in der Ebene der Milchstraße etwa 60 000 Lichtjahre, senkrecht dazu etwa den sechsten Teil.

Eine weitere Untersuchung von *P. H. Seares* ist im Anschluß an diejenigen *Kapteyns* und *van Rhijns* entstanden (The surface brightness of the galactic system as seen from a distant external point and a comparison with spiral nebulae. The Astrophysical Journal Vol. 52, S. 162). Es war lange Zeit eine geläufige Anschauung, besonders durch die Arbeiten von *Easton* u. a., daß unser Sternsystem, das Milchstraßensystem, im ganzen als ein den Spiralnebeln ähnliches Gebilde aufzufassen sei. *Seares* bestimmt nun die Flächenhelligkeit, die unserem Sternsystem zukommen müßte, wenn wir es von großer Entfernung aus betrachten, und findet ganz wesentliche Unterschiede zwischen diesem und den Spiralnebeln. Unser Sternsystem kann also nicht, wie das bisher geschah, als typischer Spiralnebel angesehen werden.

A. Kopff.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 6. (Seite 89—104)

11. Februar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Kolloide als Träger der Lebenserscheinungen.
Von *H. Schade, Kiel*. S. 89.

Über Rutherfords Entdeckung eines neuen leichten
Atomkerns. Von *Adolf Smekal, Wien*. (Schluß.)
S. 93.

Besprechungen:

Die Entwicklung der Brille. VIII. Von *M. v. Rohr, Jena*. S. 98.

Mawson, Douglas, Leben und Tod am Südpol.
Von *O. Baschin, Berlin*. S. 99.

Stock, Alfred, und Arthur Stähler, Praktikum
der quantitativen und anorganischen Analyse.
3. Auflage. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 100.

Breitensteins Repetitorien. Praktikum und
Repetitorium der quantitativen Analyse. III. Teil.
Von *J. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 100.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 100—103.
Die periodischen und unperiodischen Schwan-
kungen des Wasserstandes der Nord- und Ost-
see. (Mit 2 Abbildungen.) Die kleinste Betriebs-
spannung eines Lichtbogens. Die Ramuswirkung
bei Gleitbooten. Ein neuentdeckter Süßwasser-
polychaete.

Astronomische Mitteilungen. S. 103—104.

Sonnenatmosphäre und Einsteineffekt. An-
wendungen von Interferenzmethoden in der
Astronomie.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Einführung in die Chemie

Ein Lehr- und Experimentierbuch

Von

Rudolf Ochs

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 244 Textfiguren und 1 Spektraltafel

Gebunden Preis M. 48.— (zuschlagfrei)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 25 52 maliger Wiederholung
20 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Theodor Fisher Verlag in Freiburg i. Br. 79, Kirchstr. 33

Leuckart-Chust:
**Zoologische
Wandtafeln**

Schroeder-Harppf:
**Chemisch-Technolog.
Wandtafeln**

Keller-Andreae:
**Tiere der Vorwelt
Wandtafeln**

Ulbrich:
**Botanische
Wandtafeln**

Prospekte auf Verlangen porto- und kostenfrei

(228)

Verlag von J. F. Bergmann in München

Soeben erschien:

Chemie der Enzyme

von

Hans Euler

Professor der Chemie an der Universität Stockholm

Zweite, nach schwedischen Vorlesungen vollständig umgearbeitete Auflage

I. Teil:

Allgemeine Chemie der Enzyme

Mit 32 Textfiguren und 1 Tafel

Preis M. 56.—; gebunden M. 64.—
(und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

11. Februar 1921.

Heft 6.

Die Kolloide als Träger der Lebenserscheinungen.

Von H. Schade, Kiel.

Die Wissenschaft von den Kolloiden ist noch neu. So bedeutsam sie auch ist, so ist sie doch noch nicht Allgemeingut der naturwissenschaftlichen Kreise geworden. Zweckmäßig wird daher am Anfang unserer Ausführungen eine kurze Orientierung darüber zu geben sein: Was sind Kolloide oder, präziser gefaßt, von welcher bestimmten Zustandsart müssen die Stoffe sein, wenn sie die Bezeichnung „Kolloid“ verdienen?

Die drei Aggregatzustände des Gasförmigen, des Flüssigen und des Festen sind scharf unterschiedene Zustandsarten. Zwischenzustände beim Übergang des einen Aggregatzustandes in den anderen sind früher von der Wissenschaft nur wenig beachtet worden. Und doch ist es eine ganz allgemeine Erfahrung, daß die Natur keine sprunghaften Veränderungen liebt. Bei näherer Beobachtung hat sich denn auch ergeben, daß zwischen Gasförmig und Flüssig und ebenso zwischen Flüssig und Fest durch zahlreiche Sandereigenschaften charakterisierte Zwischenzustände vermitteln. Zwischen Gasförmig und Flüssig stehen die „Nebel“. Eine durchaus ähnliche Zwischenstufe ist auch beim Übergang vom Flüssigen zum Festen vorhanden: auch hier entstehen in der Flüssigkeit als Vorstufe des Festen gewissermaßen Nebel, d. h. es bilden sich in der ursprünglich gleichartigen Flüssigkeit in feinsten Verteilung zahlreiche kleinste, mit physikalischer Grenzfläche gegen ihre Umgebung abgesetzte, anfangs völlig flüssige Tröpfchen, welche allmählich dickflüssiger werden und schließlich, erstarrenden Schmelzen vergleichbar, in den festen Aggregatzustand eintreten. Diese Übergangsgebilde sind vorzüglich geeignet, uns eine Vorstellung vom Begriff des Kolloiden zu vermitteln. Ein erstes fundamentales Charakteristikum läßt sich ohne weiteres dem Vorstehenden entnehmen. Kolloide Lösungen oder, noch allgemeiner gesprochen, kolloide „Zerteilungen“ der Materie sind nicht in sich gleichartig, nicht „homogen“, sondern dadurch ausgezeichnet, daß eine physikalisch feststellbare „Heterogenität“ der Stoffverteilung besteht derart, daß abgetrennte Teilchen als „disperse Phase“ in einer homogenen Grundmasse, dem „Dispersionsmittel“, vorhanden sind.

Hiermit aber ist der Begriff des Kolloiden noch nicht ausreichend gekennzeichnet. Zur Heterogenität der Raumerfüllung muß noch ein

zweites Merkmal hinzukommen, um die Definition des Kolloidbegriffes vollständig zu machen. Dieses Merkmal liegt in einer bestimmten Größe der Teilchen der dispersen Phase. Zur Abgrenzung gegenüber der homogenen Verteilung, wie sie z. B. beim Zustand der echten Lösung vorhanden ist, ist zu fordern, daß die Teilchen eine solche Größe besitzen, daß sich mit den spezifischen kolloidchemischen Methoden (Ultramikroskop, Ultrafilter u. a. m.) ein physikalisches Abgegrenztsein der Teilchen gegenüber der homogenen Grundmasse nachweisen läßt. Andererseits aber dürfen die Teilchen nicht jene Größe erreichen, daß sie mit den gebräuchlichen physikalischen Hilfsmitteln, einschließlich des üblichen Mikroskops stärkster Vergrößerung, als Sonderpartikelchen kenntlich sind und damit der Lösung den Charakter einer gewöhnlichen Emulsion oder Suspension geben. Zahlenmäßig ist die Größe der Kolloide ungefähr mit den Durchmessern $\frac{1}{10} \mu$ bis $\frac{1}{1000} \mu$ zu kennzeichnen¹⁾. Während die größten, zu den Kolloiden zu zählenden Teilchen somit bis dicht an die Sichtbarkeitsgrenze des Mikroskops heranreichen, zeigen die kleinsten kolloiden Teilchen Durchmesser, die kaum mehr als ein Zehnfaches größer sind als die Durchmesser, die man auf anderen Wegen für die in echter Lösung befindlichen Moleküle errechnet hat.

Auf den ersten Blick mag es willkürlich und wenig begründet erscheinen, mit solcher variablen und noch dazu aus der zufälligen Art unserer Instrumente hergeleiteten Größenabgrenzung eine Definierung für eine besondere Klasse von Stoffen resp. für eine besondere Zustandsform der Materie gewinnen zu wollen. Die nähere Untersuchung, wie sie von der allgemeinen und speziellen Kolloidchemie durchgeführt ist, hat jedoch eine derartige Summe von Sondereigenschaften gerade für die Gebilde der genannten Größenordnung aufgedeckt, daß es nicht nur praktisch, sondern ebenso sehr theoretisch zur Notwendigkeit wird, diese „Welt der vernachlässigten Dimensionen“ (Wolfg. Ostwald) als eine in sich geschlossene selbständige Wissenschaft zu behandeln. Mit der Heterogenität der Raumerfüllung und mit der hier angegebenen Begrenzung der Teilchengröße ist der Begriff des kolloiden Zustandes voll definiert. Weiteres ist nicht erforderlich. Dies sei besonders betont, weil früher die Gewohnheit bestand, den Begriff des Kolloiden als an eine bestimmte Gruppe chemischer Stoffe gebunden zu betrachten. Eine solche Beschränkung ist aber nicht vorhanden. Die kolloide Lösungsform ist nicht

¹⁾ $1 \mu = \frac{1}{1000} \text{ mm.}$

ein Monopol einzelner Substanzen wie Eiweiß, Leim, Stärke u. a.; sie tritt vielmehr ganz allgemein bei allen nur möglichen Stoffen als eine intermediäre Zustandsform auf, die das Übergangsstadium charakterisiert, welches zwischen der echten Lösung und dem Zustand der kristallinen Abscheidung vermittelt. Die Unterschiede der verschiedenen Substanzen bezüglich des Kolloidzustandes sind im wesentlichen nur gradueller Art. Eine *jede Substanz* muß auf dem Wege von der echten Lösung zur Ausfällung ein *kolloides Zwischenstadium* durchlaufen; aber die Neigung, im Kolloidzustand zu verharren, ist sehr verschieden. Bei manchen Stoffen, so z. B. den meisten einfacheren anorganischen Substanzen, ist die Kolloidform sehr vergänglich, oft nur von so flüchtigem Bestand, daß sogar besondere Bedingungen dazu gehören, um überhaupt den Nachweis ihrer Existenz erbringen zu können; bei den komplizierter zusammengesetzten hochmolekularen Substanzen der organischen Welt wird zumeist der Kolloidzustand ungleich hartnäckiger festgehalten, oft ist er, wie z. B. bei den Eiweißen und vielen anderen „Biokolloiden“, derart beständig, daß selbst in langen Zeiträumen noch kein merkliches Fortschreiten zum kristallinen festen Zustand erfolgt, so daß uns diese Substanzen praktisch fast nur in kolloider Form bekannt sind.

Die Entstehung des Lebens auf der Erde gehört jener Periode an, in der sich langsam der Übergang vom Flüssigen zum Festen vollzieht. Auch die Masse des Zelleibs selber trägt, wie schon die seit langem übliche Definierung des Protoplasmas als „fest-weich“ erkennen läßt, das Charakteristikum solchen Übergangszustandes. Das Rätselhafte der physikalischen Zustandsart, welches früher die Physiologen veranlaßt hat, bei der Protoplasmabeschaffenheit von einem „vierten Aggregatzustand“ zu sprechen, ist heute weitgehend geschwunden. Wir wissen, auch die Hauptmasse aller Leibessubstanz der Zellen ist in einem typisch kolloiden Zustand befindlich; auch die Säfte des Körpers, das Serum des Blutes und der Lymphe, sind in hohem Maße kolloidhaltig und daher gleichfalls kolloiden Erscheinungen unterworfen. Wo immer uns das Leben entgegentritt, vom niedersten einzelligen Wesen bis herauf zum Menschen, überall finden wir es an die Grundlage eines kolloiden Substrates gebunden. Zu dem alten Satz „kein Leben ohne Wasser“ hat daher als eine wichtige neue Ergänzung zu treten: „kein Leben ohne die Grundlage einer kolloiden Struktur“. Die Kolloidphysik und die Kolloidchemie, besonders in ihrer Anwendung auf die Eiweiße und die Lipide (fettartige hochkomplizierte Gebilde), ist so zur Grundwissenschaft aller Lehre vom Protoplasma geworden.

Eine ganz allgemeine Betrachtung, die wir W. v. Pauli, dem führenden Forscher der physiologischen Kolloidchemie der Eiweiße, verdanken, vermag die generelle Eignung des Kolloidzustan-

des als Träger der Lebenserscheinungen in besonders schöner Beleuchtung zu zeigen. Eine der Grundbedingungen aller aufsteigenden Entwicklung, eine der wesentlichsten Allgemeinfunktionen des Protoplasmas ist das „Gedächtnis“ im weitesten Sinne des Wortes. Die Fähigkeit, von dem Erlebten einen „Eindruck“ zu behalten, der sich als „Erfahrung“ für die Zukunft verwerten läßt, ist die Grundbedingung zu jeder Art des organischen Sich-Weiterbildens. Eine gewisse Befähigung zum Bestehenbleiben, d. h. zur „Irreversibilität“ der durch äußere Einwirkungen gesetzten Veränderungen in der Zelle, muß sonach vorhanden sein. Andererseits aber muß auch, wofern die Zelle bei den ständigen und in buntestem Wechsel von außen und innen her sich ihr aufzwingenden Alterationen funktionsfähig bleiben soll, ein höchstes Maß von Reversibilität (= Wiederausgleichvermögen) im Protoplasma gewährleistet sein. Dieses Nebeneinander einer weitgehendsten Reversibilität aller Änderungen und doch zugleich einer minimalen Irreversibilität darf als ein ganz allgemeines fundamentales Charakteristikum des Protoplasmas gelten. Der kolloide Zustand zeigt wie sonst keine andere Zustandsform diese an sich gegensätzlichen Befähigungen in sich vereinigt. An einem möglichst einfachen und leicht übersehbaren Beispiel sei dies erläutert: eine Gelatinegallerte, die durch gelindes Erwärmen der Verflüssigung nahe gebracht wird, kehrt beim Aufhören der Erwärmung in praktischem Sinne vollkommen in den ursprünglichen Zustand zurück; eine Veränderung des Zustandes ist bei direkter Prüfung in keiner Art erweislich und doch ist in winzigstem Betrage eine solche sicher vorhanden, wie die Tatsache beweist, daß bei öfterer Wiederholung des Versuches infolge Summation der kleinsten jedesmal verbleibenden Änderungen *allmählich ein Absinken des Erstarrungspunktes* bemerkbar wird. Was uns dieses Beispiel zeigt, gilt ganz allgemein: keine Zustandsform ist so weitgehend reversibel, aber doch zugleich in so feiner Weise zu minimaler Irreversibilität befähigt, wie der kolloide Zustand. Kein Zustand reagiert so leicht und auf eine so große Zahl von Einflüssen, keiner ist in so mannigfaltiger Richtung zu modifizieren wie derjenige einer kolloiden Gallerte. Das Postulat einer maximalen Beeinflussbarkeit, einer maximalen Reversibilität der Veränderung und doch daneben zugleich auch einer minimalen Irreversibilität des Geschehens ist somit in dem kolloiden Zustand verwirklicht. Der Kolloidzustand, wie er das Protoplasma charakterisiert, wird in solcher Art zum Träger gut definierter physikalischer und chemischer Eigenschaften, dessen experimentelle Erforschung berufen ist, tief in das bisherige Dunkel des Zellgeschehens hineinzuleuchten.

Nach einigen der wichtigsten Richtungen hin sei versucht, die Art des Beteiligtseins der Kolloide an den Erscheinungen des Lebens wenigstens

im Prinzip zu skizzieren. Leben ohne Energieentfaltung ist nicht denkbar. Freie Energie aber läßt sich nur dort gewinnen, wo irgendwelche Grenzflächen das Zustandekommen bzw. Erhaltenbleiben von Energiegefällen ermöglichen. Energiegewinnung und Grenzflächenexistenz gehören sonach aufs engste zusammen. Bei den Maschinen der Technik sind meist äußere starrwandige Begrenzungen im Gebrauch. Im Protoplasma der Zelle aber liegt die wichtigste Grenzfläche weich elastisch im Innern der Masse: es ist die Gesamtoberfläche der Kolloide, die hier den Sitz der im Zelleben auftretenden Energien bildet. *Welcher Art sind nun die Energien, die sich an den Kolloidoberflächen speichern oder zu äußerer Arbeit umsetzen lassen?* Eine kurze Antwort ist nicht möglich. Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ist zu groß. Nur wenig sei einzeln herausgestellt. Indem der Kolloidzustand dank seiner Heterogenität der Raumerfüllung dem Protoplasma das zur Reaktionsisolierung in der Zelle erforderliche Kammersystem schafft, wird zugleich die Grenzfläche der Kolloide zum Sitz mannigfachster gearteter Konzentrationsdifferenzen. Aber selbst abgesehen hiervon ist die Grenzfläche des Kolloids auch von sich heraus imstande, durch auswählende Adsorption oder verwandte Prozesse sehr wirksame lokale Unterschiede der Konzentrationen, besonders betreffs der Salze und deren Ionen zuwege zu bringen. Oberflächenspannungs- und Quellungsänderungen sind die Folge, und zugleich gehen diesen Vorgängen, soweit Konzentrationsdifferenzen von Ionen beteiligt sind, stets auch Änderungen des elektrischen Potentials parallel, die wiederum an der Grenzfläche des Kolloids zum Lösungsraum des Protoplasmas ihren Sitz haben. Die nähere Untersuchung über die Arten des Zergeltungskommens und des Zusammenwirkens dieser Energien bei den Zellfunktionen steht gerade heute in lebhaftestem Fluß. In prinzipiellem Sinne ist bereits für manche Fragen eine erste Klärung erreicht. Die ganz außerordentliche Bedeutung dieser dem Kolloid spezifischen energetischen Verhältnisse ist völlig gesichert. Die *Sekretionsleistung der Zellen* ist als eine Arbeit erkannt, bei der mit Hilfe der Kolloide entgegen dem Diffusions- resp. osmotischen Druck Konzentrationsgefälle geschaffen werden. Ebenso ist die *Muskelfunktion* zu wichtigsten Teilen auf kolloidem Gebiet gelegen. Der Muskel stellt im reinsten Sinne des Wortes den Idealtypus einer „kolloidchemischen Maschine“ dar: mit einem Ausnutzungseffekt von 30—50 % (Hill), der somit weit über denjenigen der Dampfmaschinen hinausgeht, wird vom Muskel chemische Energie mit Hilfe kolloider Quellung und Entquellung in mechanische Arbeit umgesetzt. Der chemische Prozeß der fermentativen (d. h. wiederum mit Vermittlung von Kolloiden¹⁾ herbeigeführten)

Zuckerspaltung liefert Säuren; diese Säuren sind es, durch die das Muskelkolloid zur Quellung und damit der Muskel zur Kontraktion gebracht wird. In einem sich anschließenden zweiten chemischen Vorgang werden die Säuren wieder beseitigt, das Muskelkolloid entquillt, der Muskel kehrt in seinen Ruhezustand zurück und ist von neuem zu kolloidchemischer Übertragung von chemischer Energie in mechanische Arbeit befähigt. Die Technik hat noch nicht den Übergang von den starrwandigen Maschinen zu Quellungsmaschinen gefunden. Und doch bietet die Kolloidquellung in mancher Art allergrößte Vorzüge. Das Maß der möglichen Energieentfaltung ist außerordentlich hoch: trockenes Stärkekolloid, welches angefeuchtet und dadurch unter die Bedingung gebracht wird, daß es quillt, vermag z. B. einen Druck von über 2500 Atmosphären zu überwinden.

Der Hauptvorteil in der Verwendung von Kolloidmaschinen für den tierischen Körper aber liegt in der ungeheuren Raumersparnis; denn selbst zu großer Kraftentfaltung werden keine schweren Massen benötigt, nur kleinste Mengen bei kleinstem Raum, und selbst hierbei ist keine starrwandige Umgrenzung vonnöten. Man ermißt, welchen Vorteil solche Art der Maschinen für die Ökonomie der Organismenwelt bedeutet. Die höchste tierische Betätigungsart liegt in der *Funktion der Nerven*. Auch hier hat die neueste Forschung die Kolloide als in wichtigster Rolle beteiligt erkannt. Während im homogenen Raum der echten Lösung die positiv und die negativ elektrisch geladenen Ionen¹⁾ nicht derart zu trennen sind, daß örtliche Potentialdifferenzen auftreten, sind die Kolloide zur Schaffung von Konzentrationsdifferenzen der Ionen in außerordentlichem Maße befähigt; immer wenn eine auswählende Anreicherung von Ionen am Kolloid statt hat, wird die Grenzfläche des Kolloids zum Sitz elektrischer Ladung. Auch an den Kolloiden des Zelleibs kommt solche elektrische Aufladung in mannigfacher Art zur Realisierung. Gerade im Vorgang der Nervenregung ist das schönste Beispiel für die biologische Bedeutung des Wechselspiels zwischen Kolloiden und Ionen gegeben. Denn Ionen sind es, nach *Bethe* speziell die H-Ionen, welche mit ihrer Wirkung am Kolloid der Nervenzelle den jedesmaligen Vorgang der Erregung bedingen: die Grenzflächen der Kolloide werden zu Orten, an denen im Nervenprotoplasma durch Ausbildung von Ionengefällen elektrische Potentialdifferenzen entstehen; in den bioelektrischen Strömen, welche die Funktion der Nerven begleiten, gelangen sie wieder zum Ausgleich. Dieser Zusammenhang der Erscheinungen gibt zugleich das Verständnis dafür, daß nicht nur bei der Nervenregung, sondern in ähnlicher Weise bei jedweder Funktion einer Zelle *bioelek-*

¹⁾ Auch die Fermente tragen kolloiden Charakter; ihre Wirksamkeit ist in engster Weise an den Kolloidzustand gebunden.

¹⁾ Ionen sind bekanntlich die elektrisch geladenen Spaltstücke, die im Wasser beim Hineinbringen von Salzen, Säuren und Alkalien mit dem Vorgang des Lösens entstehen.

trische Ströme den Vorgang begleiten. Denn eine jede Änderung des Protoplasmas, sei es physikalischer oder chemischer Art, ist notwendig mit irgendwelchen Änderungen der Ionenverteilung in der Zelle verbunden; hiermit aber ist zufolge der Kolloidstruktur des Zelleibs ohne weiteres die Bedingung zum Auftreten von elektrischen Potentialänderungen an den Kolloidgrenzflächen gegeben. Wiederum ist es, wie man sieht, die Besonderheit des kolloiden Zustands, welche das für alle Zellfunktionen gültige Begleitetsein von bioelektrischen Strömen hervorbringt.

Zur Beurteilung der Eigenart dieser an das Kolloid gebundenen Prozesse ist noch eine weitere Betrachtung sehr wichtig. Ganz allgemein ist die Menge der in einem System unterzubringenden Energie E von zwei Faktoren abhängig, von einem Intensitätsfaktor I und einem Kapazitätsfaktor C . Es gilt die Beziehung $E = I \times C$. Der Intensitätsfaktor kennzeichnet die Höhe des vorhandenen Energiegefälles. Bei den Maschinen der Technik sind diese Gefälle meist sehr hoch; bei der lebenden Zelle sind sie dagegen, wenn man von den Vorgängen der Quellung bei der Muskelarbeit abieht, wahrscheinlich nur niedrig. Ausgleichend aber wirkt, daß in der lebenden Zelle der Kapazitätsfaktor Beträge von ganz außerordentlicher Höhe aufweist. Denn die Kapazität für alle Arten von Oberflächenenergien wächst proportional mit der Größe der Oberfläche. Die Oberfläche der Kolloide aber zeigt selbst bei kleinstem Raum geradezu erstaunliche Werte. Eine einfache Rechnung möge die Verhältnisse veranschaulichen. Wenn man von einem Körper mit Würfelform ausgeht und sich diesen Körper in zunehmend immer kleinere Würfel zerteilt denkt, so ist es leicht, für die dabei entstehenden Teilchen die summarische Oberfläche anzugeben. Mit der zunehmenden Zerteilung wächst die Oberfläche in der folgenden Progression:

	Anzahl der Würfel	Gesamt- oberfläche
Einheitlicher Würfel mit der Seitenlänge 1 cm.	1	6 cm ²
Aufgeteilt zu Würfeln von der Seitenlänge 1 mm. ...	10 ³	60 cm ²
Aufgeteilt zu Würfeln von der Seitenlänge 1 μ.	10 ¹²	6 m ²
Aufgeteilt zu Würfeln von der Seitenlänge 1/100 μ. ...	10 ¹⁸	600 m ²
Aufgeteilt zu Würfeln von der Seitenlänge 1/1000 μ. .	10 ²¹	6000 m ²

Mit 1/100 μ kann man etwa den Durchschnittswert der Kolloidgrößen ersetzen; von feinstverteilten Kolloiden aber werden auch Durchmesser bis herab zu 1/1000 μ erreicht. Nehmen wir an, der Würfel hätte aus festem Eiweiß bestanden und dieses Eiweiß hätte das spez. Gewicht = 1, so würde 1 g

Eiweiß, ungerechnet seiner Volumenvergrößerung durch Quellung, bei einer kolloiden Zerteilung auf 1/100 μ bereits eine Oberflächenentfaltung bis zu 600 Quadratmetern, bei einer Zerteilung auf 1/1000 μ aber gar eine solche von 6000 Quadratmetern besitzen. Die Angemessenheit solcher Rechnung ließ sich im Ultramikroskop für manche Kolloide durch direkte Teilchenausählung bestätigen. Es ist schwer, aber doch unbedingt nötig, sich in die Vorstellung einzuleben, daß eine kolloide Lösung in der Menge, wie sie z. B. in einem gewöhnlichen Reagenzglas vorhanden ist, bereits eine „innere Oberfläche“ (d. h. Grenzfläche des Kolloids zum Lösungsraum) bis zu Hunderten und gar Tausenden von Quadratmetern aufweisen kann. Diese enorme Oberflächenentfaltung der Kolloide muß im Faktor der Kapazität für die Energieleistungen der Zelle von größter Bedeutung sein. Denn die Kapazität, welche solchen Oberflächengrößen entspricht, vermag selbst bei nur mäßigem Energiegefälle noch ausgleichend eine beträchtliche Menge an freier Energie in dem kleinen Raum einer Zelle zur Aufstapelung zu bringen. Auch hier wiederum tritt klar hervor, in welcher fundamentaler Art der kolloide Zustand die Lebenserscheinungen der Zelle beeinflußt.

Dieser Bedeutung der Kolloide entspricht es, daß nichts die Funktionsfähigkeit der Zelle so schwer zu schädigen vermag, als ein Eingriff in die kolloide Integrität. Man kann eine Hefezelle zerschneiden, zerdrücken oder im Mörser mit Quarzsand bis zur mikroskopischen Unkenntlichkeit zerreiben, auch den Inhalt der Zelle mit Wasser als Brei extrahieren, immer bleibt noch ein Teil der Funktionen; z. B. die Befähigung zur fermentativen Zuckervergärung erhalten. Ein sofortiges Erlöschen aller Funktionen aber ist die Folge, sobald dem Protoplasma — selbst bei völligem Erhaltenbleiben des Zellbaues im mikroskopischen Sinne — die kolloide Struktur als solche genommen wird: bereits mäßiges Erwärmen genügt, um mit dem Moment des Zustandekommens der Kolloidfällung alle Funktionen aller Zellarten für dauernd zu vernichten.

Schon diese kurzen Ausführungen können zeigen, wie tief die Kolloidforschung in das Wesen aller Biologie¹⁾ und Medizin²⁾ hineingreift. Eine völlige Neuorientierung der Gedanken ist im Werden, seitdem die Erkenntnis sich Bahn schuf, daß der kolloide Zustand mit all seiner spezifischen Eigentümlichkeit es ist, der als Träger der Lebenserscheinungen zu gelten hat.

¹⁾ Näheres siehe H. Bechhold, Die Kolloide in Biologie und Medizin, Leipzig-Dresden 1920, oder auf den Gebieten der Physiologie R. Höber, Die physikalische Chemie der Zelle und Gewebe, Leipzig-Berlin 1914.

²⁾ Näheres siehe H. Schade, Die physikalische Chemie in der inneren Medizin, Leipzig-Dresden 1920.

Über Rutherfords Entdeckung eines neuen leichten Atomkernes.

Von Adolf Smekal, Wien.

(Schluß.)

§ 5. Über die Kohäsionsenergie des N- und O-Kernes.

Wenn man es nun mit Rutherford für erwiesen halten kann, daß aus dem Zusammenstoß von schnellen α -Strahlen mit O- bzw. N-Kernen X_3 -Kerne hervorgehen, so sieht man daran zunächst jene Voraussage der Theorie bestätigt, wonach unter dem Einfluß der α -Strahlen auch Sauerstoffkerne zerlegt werden können (§ 2). Allerdings erweisen sich zugleich die damals zugrunde gelegten Annahmen über den Aufbau des O- bzw. N-Kernes als unzutreffend. Der Sauerstoffkern ist nach Rutherford nunmehr aus 4 X_3 und 1 He-Kern sowie 2 Elektronen zusammengesetzt zu denken, der Stickstoffkern aus 4 X_3 , 2 H-Kernen und 3 Elektronen.

Mit dem Nachweis, daß die beiden aus O- und N-Kernen stammenden Strahlenarten gleicher Reichweite auch gleiche Träger besitzen, ist aber, wie schon erwähnt, noch keine Erklärung für die Übereinstimmung dieser Reichweiten geliefert. Es ist jedenfalls naheliegend, zu vermuten, daß die Kohäsionsenergien der O- und N-Kerne von niedrigerer Größenordnung seien als die Energie der α -Strahlen selbst²⁰⁾. Das würde also bedeuten, daß die Energie der RaC- α -Strahlen, die Rutherford verwendete, nur zum kleinsten Teile zur Sprengung des Kerngefüges notwendig ist und im wesentlichen bloß so wie beim freien Stoß auf den gerade am meisten in Mitleidenschaft gezogenen Teil des zerlegten Kernes übertragen wird. Eine ähnliche Annahme haben wir ja bereits früher als notwendig befunden, um die Übereinstimmung der Reichweiten von gewöhnlichen, durch freien Stoß in Wasserstoff erzeugten H-Strahlen und jenen aus Stickstoff erhaltenen theoretisch zu verstehen. Auf diese Weise würde sich vor allem die Feststellung Rutherfords von 1919 erklären, daß die X_3 -Strahlen (damals „N-Strahlen“) vorwiegend in der Richtung des einfallenden α -Strahl-Bündels ausgesendet werden und nicht die gewöhnliche Zerstreuung zeigen²¹⁾. Rutherford hatte dieses Phänomen zuerst beim freien Zusammenstoß von α -Strahlen mit H-Atomkernen bemerkt und es auf die komplexe Struktur des He-Kernes zurückgeführt. Die komplexe Struktur der α -Teilchen scheint sich also noch nach der Zertrümmerung der N- und O-Kerne in der räumlichen Verteilung der Spaltprodukte X_3 wirksam zu zeigen.

Ein zweites Argument für die Annahme relativ geringer Kern-Kohäsionsenergien besteht in der auch bereits 1919 von Rutherford gefundenen

²⁰⁾ Diese Vermutung findet sich auch bei Rutherford, V, S. 393/94, doch ohne die im nachfolgenden dafür angeführten Argumente.

²¹⁾ E. Rutherford, III, S. 578.

Größenordnung der Anzahl der X_3 -Strahlen, welche mit derjenigen der Anzahl schneller H-Strahlen in Wasserstoff übereinstimmt. Pro cm Weglänge im Gas ergaben sich nämlich etwa 10 schnelle H-Strahlen in Wasserstoff auf 10^6 α -Teilchen, in Stickstoff hingegen unter gleichen Umständen etwa 7 X_3 auf die gleiche Anzahl α -Teilchen. Die Zahl der H-Strahlen in Stickstoff muß natürlich geringer sein, entsprechend der geringeren Anzahl von H-Kernen ($= 2$) im N-Kern gegenüber der Anzahl der vorhandenen X_3 ($= 4$). Man müßte etwa gerade halb soviel N-Kern-Zerlegungen, die H-Strahlen ergeben, erwarten als X_3 -Strahlen, wenn die betreffenden Kernbausteine für den Stoß als einigermaßen gleichberechtigt angesehen werden können. In der Tat gibt Rutherford in seiner neuen Arbeit etwa 3 H-Strahlen pro 10^6 α -Teilchen an²²⁾. Da es nun als unendlich unwahrscheinlich gelten kann, daß beim Auftreffen eines α -Teilchens auf einen N-Kern gleichzeitig zwei Kernbestandteile miteinander vergleichbare Energiebeträge mitbekommen, kann wohl für jeden einzelnen X_3 - bzw. H-Strahl eine besondere Kernzerlegung als Ursache angenommen werden. Die Zahl aller N-Kern-Zerlegungen wäre also wieder etwa 10 pro 10^6 α -Teilchen, so wie die Zahl der schnellen H-Strahlen in Wasserstoff. Für letztere hat nun Rutherford aus dieser Zahl berechnet, daß ein α -Teilchen mindestens die Reichweite 2,7 cm haben muß, um unter den möglichst günstigen Bedingungen einen schnellen H-Strahl erzeugen zu können, der außerhalb der α -Strahl-Reichweite gerade noch wahrnehmbar ist. Bei Stickstoff und Sauerstoff ergäbe eine analoge Rechnung viel höhere erforderliche Reichweiten, in Widerspruch zu Rutherfords experimentellem Befund, daß α -Strahlen von der Reichweite 3,5 cm und darunter noch X_3 -Strahlen erzeugen können, allerdings merklich weniger als die Gesamtzahl aller von α -Strahlen der Reichweiten 3,5 bis 7,0 cm erzeugten X_3 -Strahlen beträgt²³⁾. Man kann also so wie bei H-Strahlen annehmen, daß α -Strahlen mindestens die Reichweite 2,7 cm besitzen müssen, damit durch dieselben verursachte N-Kern-Zusammenbrüche noch außerhalb der α -Reichweite an herausgeschossenen X_3 -Teilchen festgestellt werden können. Offenbar könnte die Reichweite von α -Strahlen, die zur Kernzerlegung befähigt wären, noch geringer sein, nur würde man dann von diesen Zerlegungen keinerlei Kunde erhalten. Wir haben demgemäß die Energie eines α -Strahles von der Reichweite 2,7 cm als obere Grenze für die Kern-

²²⁾ V, S. 385. S. 391 hingegen findet sich die Angabe, daß etwa 5—10mal soviel X_3 -Strahlen in N_2 auftreten als H-Kerne; III, S. 585 heißt es sogar 12mal soviel, doch scheint es sich da um unkorrigierte Werte zu handeln, auch würden diese doch nichts an der Größenordnung aller N-Kern-Zerlegungen ändern.

²³⁾ E. Rutherford, III, S. 578. Auf Grund dieser Bemerkung hätte man bereits 1919 schließen können, daß es sich hier um Kernzerlegungen handeln müsse.

kohäsionsenergie des Stickstoffs anzusehen; nach der bereits mehrfach erwähnten relativistischen Energie-Masse-Beziehung umgerechnet, ist dieser Energiebetrag einer Massendifferenz von 0,002 Atomgewichtseinheiten äquivalent.

Wenn die Verhältnisse beim O-Kern ähnlich liegen, muß erwartet werden, daß unter gleichen Umständen wie in Stickstoff auch in Sauerstoff pro 10^6 α -Teilchen etwa 10 Kernzerlegungen aus energetischen Gründen außerhalb der α -Strahl-Reichweite bemerkbar sein könnten. Diese werden sich — ebenfalls wieder Gleichberechtigung aller (positiven) Kernbausteine vorausgesetzt — nun aber im Verhältnis 4 : 1 zwischen den bei der Zerlegung erzeugten X_3 -Strahlen und He-Strahlen verteilen müssen, so daß in Sauerstoff etwa 8 X_3 -Teilchen auf 10^6 α -Partikel pro cm Weglänge kommen müßten, also etwas mehr als in Stickstoff. Diese Folgerung findet sich durch eine diesbezügliche qualitative Bemerkung Rutherfords in der Tat bestätigt²⁴⁾. Die restlichen 2 He-Strahlen pro 10^6 α -Teilchen entziehen sich aber der Beobachtung, da sie die gleiche oder höchstens eine nur um wenig größere Reichweite haben müßten als die primären α -Strahlen selbst²⁵⁾. Wir können also auch die Kohäsionsenergie des Sauerstoffkernes mit höchstens 0,002 einschätzen.

Eine andere Frage ist natürlich, ob nach Sprengung des Kerngefüges eine größere Energieabgabe eintritt oder nicht. Da die bereits mehrfach belegte Kleinheit der Kohäsionsenergien deren Vernachlässigung rechtfertigt, läßt sich diese Frage nun ohne weiteres nach den Reichweiten der Spaltprodukte beurteilen. Die H-Strahlen aus Stickstoff scheinen, wie bereits erwähnt, annähernd dieselbe Reichweite zu haben wie die in Wasserstoff durch freie Zusammenstöße erzeugten; sie dürfen daher — soweit man sich auf Rutherfords diesbezügliche, von ihm selbst als unsicher bezeichnete Angabe verlassen kann — keine merkliche Energie bei einer derartigen Kernzerlegung mitbekommen, was verständlich ist, wenn man für sie relativ lockere Bindung etwa an der Oberfläche des N-Kerns annehmen darf, so daß bei der Entfernung eines H-Kernes der übrig bleibende Kernrest nur verhältnismäßig geringfügige Änderungen bezüglich der relativen Lage seiner Bestandteile erfährt. Bei den zur Aussendung von X_3 -Strahlen führenden Kernzerlegungen ist es hingegen anders.

²⁴⁾ E. Rutherford, V, S. 389. Dieser Umstand rechtfertigt die Nichtberücksichtigung der Kernelektronen bei obigen Überlegungen. Wahrscheinlich ist also für jede der obigen Kernzerlegungen durch α -Strahlen die Aussendung eines positiv geladenen Partikels von überwiegender Reichweite charakteristisch. Die Rutherfordschen Kernzerlegungen würden so in Analogie mit den α -strahlenden radioaktiven Kernen treten.

²⁵⁾ Im Zusammenhang hiermit ist Rutherfords Bemerkung III, S. 574, von Interesse, daß gelegentlich auch α -Strahlen außerhalb der normalen Reichweite 7,0 cm beobachtet werden konnten.

Rutherford berechnet^{25a)} selbst mit Hilfe von (2) das Verhältnis $\frac{v}{V}$ und findet hierfür 1,20, woraus sich die Energie eines X_3 -Strahles als um 8 % größer ergibt wie die Gesamtenergie des auftretenden α -Teilchens. Wenn von allen denkbaren Energieverlusten, wie: Überwindung der Kohäsionsenergie, Translation der übrigen Spaltprodukte und des α -Teilchens nach dem Stoß, usw. abgesehen wird, so ist dieser Betrag offenbar eine untere Grenze für die durch Kontraktion des Kernrestes freiwerdende Energie. Verwunderlich bleibt nur, daß dieser Betrag für den N- wie den O-Kern gleich auszufallen scheint und dadurch schließlich die Gleichheit der X_3 -Reichweiten für beiderlei Kernzerlegungen bedingt. Möglicherweise kann sie mit der jeweils gleichen Anzahl und vermutlich ähnlichen Konfiguration der zurückbleibenden restlichen X_3 -Teilchen bei O und N in Zusammenhang gebracht werden.

§ 6. Eigenschaften des X_3 .

Wenn unsere oben mehrfach belegte Annahme zutreffend ist, daß die Kohäsionsenergie des N- und O-Kernes von niedrigerer Größenordnung ist als die Anfangsenergie der RaC- α -Strahlen, muß sich bei Vernachlässigung derselben das Atomgewicht dieser Kerne durch bloße Addition der Atomgewichte seiner Bestandteile ergeben. Dies weist aber einen Weg zu einer wenigstens in erster Annäherung zutreffenden Berechnung der Atomgewichtsdezimalen des X_3 . Der Wert 3,07, den Rutherford aus seinen Beobachtungen berechnet (§ 4), ist natürlich durch den unkontrollierbaren Einfluß der Meßfehler so entstellt, daß er in dieser Hinsicht keinen Anhaltspunkt bietet.

Bedeutet die chemischen Zeichen die Atomgewichte der betreffenden Substanzen und ist E das Atomgewicht der Elektronen, so ist beispielsweise $N - 7E$ das Atomgewicht des Stickstoffkernes. Nach der im vorigen Paragraphen angegebenen Konstitution des N-Kernes müßte also sein:

$$N - 7E = 4(X_3 - 2E) + 2(H - E) + 3E,$$

wo X_3 nunmehr das Atomgewicht eines X_3 -Atomes darstellt. Wie man sieht, fällt E aus dieser Gleichung heraus, und es ist leicht einzusehen, daß dies bei allen derartigen Gleichungen der Fall sein muß. Also ist einfach

$$N = 4X_3 + 2H, \quad (4)$$

und ebenso

$$O = 4X_3 + He. \quad (5)$$

Mit den zurzeit verlässlichsten Werten

$$\begin{aligned} H &= 1,00775 & He &= 4,002 \\ N &= 14,010 & O &= 16,000. \end{aligned}$$

ergibt sich in Anbetracht der Unsicherheit der Atomgewichte

$$\frac{r}{R} = \frac{9,0}{7,0} = \frac{m}{e^2} \left(\frac{v}{V} \right)^3 \quad (2)$$

aus (4) $X_3 = 2,998-2,999$ aus (5) $X_3 = 2,999-3,000$,

eine jedenfalls sehr befriedigende Übereinstimmung. Da die Kohäsionsenergie des N- und O-Kernes früher kleiner als 0,002 gefunden war, so können obige Werte also höchstens nur eine halbe Einheit der 3. Dezimale zu klein ausgefallen sein. Von Wichtigkeit ist jedenfalls die nunmehr festgestellte geringe Abweichung des X_3 -Atomgewichtes von der Ganzzahligkeit; da die merklich ganzzahligen Atomgewichte vieler Elemente von der Form $4n$ und $4n+3$ sind, kann man sich der Vermutung nicht entziehen, daß X_3 -Teilchen beim Kernaufbau zumindest der letzteren eine Rolle spielen werden.

Infolge der Proutischen Hypothese hat man sich den X_3 -Kern mit Rücksicht auf seine Masse 3 und seine positive Ladung 2 aus 3 Wasserstoffkernen (positiven Elektronen) und einem (negativen) Elektron aufgebaut zu denken. Prüfen wir die Massendifferenz

$$3(H - E) + E - (X_3 - 2E),$$

so finden wir auf Grund obiger Zahlen 0,024. Infolge der Energie-Masse-Beziehung entspricht diesem Massendefekt ein Energiebetrag, und zwar gerade jener, der aufgewendet werden müßte, um das X_3 -Atom in seine ruhend gedachten Bestandteile (H-Kerne und Elektronen), praktisch unendlich weit voneinander entfernt, so daß sie keine Wechselwirkungen mehr aufeinander ausüben, zu zerlegen. In Energieeinheiten umgerechnet ist dieser Betrag $3,68 \cdot 10^{-5}$ erg. Berechnet man die innere Energie des Heliumkernes auf analoge Weise, so erhält man $4,45 \cdot 10^{-5}$ erg. Zur Zerlegung des α -Teilchens wäre also ein größerer Arbeitsaufwand notwendig als zu jener seines Isotops, des X_3 ; d. h. das α -Teilchen ist stabiler als das X_3 . Dieses Ergebnis ist sehr befriedigend, denn es zeigt, entsprechend den Erfahrungen an den radioaktiven Erscheinungen, daß am Kernaufbau der schweren Atome mit größerer Wahrscheinlichkeit bloß α -Teilchen beteiligt sein werden als X_3 -Kerne. Da die Energie der schnellsten bekannten α -Strahlen bloß etwa ein Drittel der Kohäsionsenergie des X_3 -Kernes beträgt, so sieht man ferner, daß es mit dieser bisher größten zur Verfügung stehenden Energiemenge unmöglich ist, den X_3 -Kern zu zerlegen, was für das α -Teilchen natürlich a fortiori zutrifft. —

Es ist naheliegend, mit Rutherford auch den Kohlenstoffkern aus X_3 -Partikeln aufgebaut zu denken, entsprechend dem O- und N-Kernaufbau, und zwar müßte der C-Kern aus 4 X_3 -Kernen und 2 Elektronen bestehen. Nehmen wir wieder nur eine sehr geringe Kernkohäsionsenergie an, wofür sich hier allerdings noch keine experimentellen Belege anführen lassen, so müßte nach dem Früheren sein

$$C = 4 X_3 \dots \dots \dots (6)$$

Der wahrscheinlichste Wert des Kohlenstoff-

²⁶⁾ Nach freundlicher privater Mitteilung von Herrn Prof. Ph. A. Guye. Der Verfasser ist Herrn Guye für

atomgewichtes ist nach Guye²⁶⁾ 12,003, eingeschlossen zwischen den Grenzen 12,000 und 12,005. Aus (6) folgt somit $X_3 = 3,000-3,001$. Obwohl die aus (5) berechnete obere Grenze für das Atomgewicht des X_3 mit der hier gefundenen unteren Grenze zusammenfällt, könnte der Unterschied möglicherweise reell sein. Da bezüglich der Zerlegbarkeit des C-Kernes beim Zusammenstoß mit schnellen α -Strahlen von Rutherford noch keine quantitativen Untersuchungen vorliegen, kommen für die Erklärung einer derartigen Abweichung folgende beiden Möglichkeiten in Betracht. Entweder ist — das Zutreffen von Rutherfords Konstitutionsschema für C vorausgesetzt — die Annahme vernachlässigbarer Kernkohäsionsenergie hier unzutreffend, oder es ist eben dieses Konstitutionsschema nicht richtig. Der erstere Fall kann sofort ausgeschlossen werden, da sonst das X_3 -Atomgewicht noch größer herauskäme als nach (6). Im zweiten Falle würde man etwa an einen Aufbau des C-Kernes aus drei He-Kernen zu denken haben. Dann müßte bei vernachlässigbarer Kernkohäsion

$$C = 3 He$$

sein, was für $C = 12,005$ nahezu zutrifft, also durchaus denkbar wäre. Nimmt man C kleiner an, so würde obige Beziehung eine merkliche Kernkohäsion erfordern, jedoch keinesfalls so groß, daß dieselbe nicht von RaC - α -Strahlen unter günstigen Bedingungen überwunden werden könnte. Alle diskutierbaren Fälle sind mit Rutherfords qualitativer Feststellung verträglich, daß in CO_2 außerhalb der zumindest von den O-Atomen allein herrührenden X_3 -Strahlen keine weiteren Strahlen beobachtet wurden²⁷⁾. Nehmen X_3 -Teilchen am Aufbau des C-Kernes teil, so ist derselbe zerlegbar; wenn dabei X_3 -Strahlen entstehen, ist es natürlich sehr unwahrscheinlich, daß dieselben eine größere Reichweite als jene aus O- und N-Kernen herrührenden haben sollten. Besteht der C-Kern aber aus He-Kernen, so ist eine derartige Reichweite von etwa aus dem C-Kern herausgeschossener He-Strahlen nach dem Früheren noch viel unwahrscheinlicher. In letzterem Falle wäre also die bloße Feststellung der Zerlegbarkeit des C-Kernes durch Beobachtungen außerhalb der Reichweite der α -Strahlen allein kaum möglich.

Nachdem nunmehr die Masse des X_3 genauer bekannt ist, kann man ohne weiteres im voraus berechnen, inwieweit sich das Spektrum dieses Heliumisotopes von jenem des gewöhnlichen Heliums unterscheidet. Bekanntlich besitzt das einfach ionisierte Helium eine Spektralserie

$$\nu = N_{He} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (m = 5, 6, \dots) \dots (7)$$

(ν Frequenz der Serienlinien, m eine ganze Zahl), dieses außerordentliche Entgegenkommen zu großem Danke verpflichtet.

²⁷⁾ E. Rutherford, III, S. 577.

welche bis auf jede zweite Spektrallinie nahezu mit der gewöhnlichen Balmerreihe des Wasserstoffes:

$$\nu = N_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots) \quad (8)$$

übereinstimmt²⁸⁾. Der Unterschied besteht bloß darin, daß infolge der Mitbewegung des Helium- bzw. Wasserstoffkernes mit dem außen umlaufenden Elektron die Rydbergsche Konstante N in beiden Serienformeln etwas verschieden ausfällt. Bezeichnet nämlich N_∞ die Rydbergsche Konstante für den festgehaltenen, d. h. unendlich schwer gedachten Kern und bedeuten μ , M' und M die Masse des Elektrons, des Wasserstoffkernes und des Heliumkernes, so ergibt die Quantentheorie:

$$N_H = \frac{N_\infty}{1 + \frac{\mu}{M'}} \quad (9)$$

$$N_{He} = \frac{N_\infty}{1 + \frac{\mu}{M}} \quad (10)$$

Denken wir uns nun an Stelle des einfach ionisierten Heliumatoms ein ebensolches X_3 -Atom, so unterscheiden sich diese beiden Gebilde bloß durch die verschiedenen Massen der beiden Atomkerne (3 bzw. 4). Die Mitbewegung des X_3 -Kernes wird also einen etwas anderen Effekt auf die vom einfach ionisierten Atom ausgesandten Spektralfrequenzen haben müssen als beim Helium. Es wird offenbar:

$$N_{X_3} = \frac{N_\infty}{1 + \frac{\mu}{m}} \quad (11)$$

wenn m die Masse des X_3 -Kernes bedeutet^{28a)}. In der folgenden Tabelle sind die nach der Formel

$$\nu = N_{X_3} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\left(\frac{m}{2}\right)^2} \right) \quad (m = 5, 6, \dots) \quad (12)$$

berechneten Frequenzen ν auf Wellenlängen umgerechnet (in Angström = 10^{-8} cm, auf eine Dezimale gekürzt) und den entsprechenden Wellenlängen des Wasserstoff- und Heliumspektrums gegenübergestellt:

n	H	m	X_3	He
3	6562,8 (H_α)	6	6560,4	6560,1
		7	5411,9	5411,6
		8	4859,5	4859,3
4	4861,3 (H_β)	9	4561,8	4561,6
		10	4338,9	4338,7
5	4340,5 (H_γ)	11	4200,1	4199,9
6	4101,7 (H_δ)	12	4100,2	4100,0

²⁸⁾ Vgl. etwa P. S. Epstein, Die Naturwissenschaften 6, 230 (1918), S. 238/39.

^{28a)} Diese Formel sowie die Gl. (9) und (10) gelten nur für punktförmige Kerne. Auf die Verallgemeinerung, welche die Kerndimensionen berücksichtigt, wird demnächst in anderem Zusammenhange einge-

N_∞ ist hierbei gleich 109 737,11 gesetzt, somit

$$N_{X_3} = 109 717,16.$$

(Nach den Messungen von Paschen ist $N_H = 109 677,691 \pm 0,06$; $N_{He} = 109 722,144 \pm 0,04$, woraus obiger Wert von N_∞ berechnet ist.) Da man noch den zehnten Teil der Wellenlängendifferenzen zwischen den X_3 - und He-Linien mit Sicherheit messen könnte, haben wir hier, wie es scheint, zum ersten Male ein Paar von isotopen Elementen vor uns, deren Verschiedenheit an ihren Linienspektren feststellbar ist. Wenn es möglich wäre, die gesamte α -Strahlung von 1 g Radium an dauernd in Sauerstoff hineinzuschließen, so würde es, wie man leicht ausrechnen kann, $2,5 \cdot 10^8$ Jahre brauchen, bis das Volumen aller herausgeschossenen X_3 1 mm³ erfüllen würde. Man kann also nicht hoffen, X_3 auf diesem Wege in spektroskopisch nachweisbarer Menge zu erhalten. Möglicherweise enthalten aber Minerale, deren Heliumeinschlüsse wie beim Beryll voraussichtlich nicht radioaktiven Ursprungs sind, in Wirklichkeit X_3 und nicht Heliumgas, so daß sich vielleicht hier Aussichten auf einen spektroskopischen Nachweis von X_3 eröffnen.^{28b)}

§ 7. X_3 und Radioaktivität.

Da den X_3 -Partikeln, wie wir gesehen haben, eine wesentliche Rolle zumindest beim Aufbau des Wasserstoff- und Stickstoffkernes zukommt, erhebt sich die Frage, ob dieselben auch am Aufbau der schweren, insbesondere der radioaktiven Atomkerne teilhaben. In dieser Hinsicht liegen

gangen werden, doch sei bemerkt, daß sie ebenfalls meßbare Effekte ergeben kann.

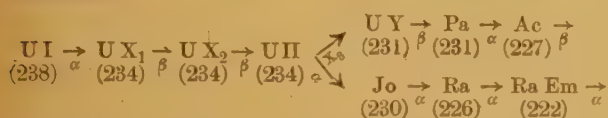
^{28b)} In einer jüngst erschienenen Arbeit berichtet R. A. Millikan (Astrophys. Journ. 52, 47, 1920) über Erscheinungen, die möglicherweise auf eine Zertrümmerung von C-Kernen durch Kathodenstrahlen zurückgehen könnten. Im Spektrum einer zwischen Kohlelektroden im höchsten erreichbaren Vakuum (ca. 10^{-8} mm Hg) erzeugten hochgespannten kondensierten Entladung zeigten sich nämlich die Linien 1215,7 und 1085,3 Å, von denen erstere von Millikan als Wasserstofflinie, $\nu = N_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$, bezeichnet wird, während er bei letzterer die Möglichkeit des Zusammenfallens mit der He-Linie $\lambda = 1085,0$,

$$\nu = N_{He} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\left(\frac{5}{2}\right)^2} \right)$$

erörtert. Da eine Verunreinigung der Kohlen mit Helium wohl, sehr unwahrscheinlich ist, könnte es sich hier vielleicht um von C-Kern-Zerlegungen herrührende X_3 - oder He-Atome handeln, von denen unter den vorkommenden Bedingungen nur zwei ultraviolette Linien mit merklicher Intensität emittiert werden, nämlich $\nu = N \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\left(\frac{m}{2}\right)^2} \right)$ für $m = 4$

und $m = 5$. Sollten genauere Wellenlängenmessungen diese hier mit allem Vorbehalt angeführte Möglichkeit bestätigen, so ergäbe sich damit ein neuer Weg zur Beantwortung der Frage nach der Konstitution des C-Kernes und der Größe seiner Kohäsionsenergie, sowie eventuell ein erstmaliger spektroskopischer Nachweis des X_3 überhaupt.

nun zwei verschiedene Verdachtsmomente vor, auf die bereits *St. Meyer*²⁹⁾ hingewiesen hat. Bedenkt man, daß es heute als ziemlich gesichert gelten kann, daß die Actiniumreihe beim Uran II sich von der Uran-Radium-Reihe abspaltet, so muß es berechnete Verwunderung erregen, wenn man dadurch genötigt ist, nunmehr mit Sicherheit für das UII eine doppelte Zerfallsmöglichkeit anzunehmen, deren jede von der Anwendung von α -Strahlen begleitet sein soll. Nach neueren Messungen beträgt das Abzweignungsverhältnis beim UII 3—4,2 %³⁰⁾, d. h. ein derartiger Prozentsatz zerfallender UII-Atome geht über das Uran Y in das erst seit kurzem bekannte Protactinium (Pa) und von da in die übrigen Produkte der Actiniumreihe über, alles übrige nimmt seinen Weg durch β -Radiumreihe. Würde nun etwa an Stelle jener α -Umwandlung des UII, die zum UY führt, in Wirklichkeit eine X_3 -Umwandlung stattfinden, so würde sich wegen der Isotopie von α - und X_3 -Teilchen am Zerfallsschema nicht das geringste ändern, nur würde dann das Atomgewicht etwa des Actiniums um eins größer ausfallen als bisher angenommen (226), nämlich 227. In der Tat haben *Fajans* und *van den Broek*³¹⁾, ausgehend von gewissen Zahlenbeziehungen zwischen mittlerer Lebensdauer eines Radioelementes und Atomgewicht, diesen Wert für wahrscheinlich bezeichnet.



Eine derartige X_3 -Umwandlung beim UII würde die Gabelung des Zerfalles an dieser Stelle jedenfalls verständlicher erscheinen lassen, als wenn es sich um zwei verschiedene α -Umwandlungen handeln sollte.

Das zweite von *St. Meyer* für das Auftreten des X_3 beim radioaktiven Zerfall angeführte Verdachtsmoment findet sich beim Radioactinium, dem unmittelbaren Folgeprodukt des Actiniums. Die Reichweitebestimmungen der α -Strahlen von RaAc durch *St. Meyer*, *Heß* und *Paneth*³²⁾ ergaben nämlich zwei verschiedene Reichweiten 4,61 cm und 4,2 cm. Könnte man hier wie früher auch wieder eine der beiden α -Umwandlungen durch die Aussendung eines X_3 erklären, so erschiene dies in ähnlichem Sinne befriedigender, wie oben beim UII. Die Frage, ob es sich hier dann auch wieder um eine Gabelung des Zerfalls-

schemas handeln soll, läßt sich allerdings zurzeit anscheinend noch nicht beantworten.

Nehmen wir nun wirklich an, daß das UII ein X_3 -Teilchen auszuschleudern vermag, so steht diese Vorstellung mit dem Atomgewicht 234 des UII jedenfalls nicht in Widerspruch. Da 234 nicht durch 4 teilbar ist, wie es sein müßte, wenn der UII-Kern aus lauter α -Teilchen aufgebaut wäre, müssen mindestens 2 X_3 -Teilchen am Aufbau desselben teilnehmend gedacht werden. Nun ist $234 - 6 = 228 = 4 \cdot 57$, d. h. außer den beiden X_3 - befänden sich noch 57 He-Kerne im UII-Kern und, wie man der Ordnungszahl 90 des UII entnimmt, 28 Elektronen. Nehmen wir die Tatsache, daß UII nur ein positives Partikel emittieren kann, als gegeben an, und dürfen wir wegen der großen Instabilität des UII voraussetzen, daß es bloß vom Zufall abhängt, ob ein X_3 - oder ein α -Teilchen ausgeschleudert wird, so ist das Abzweignungsverhältnis beim UII direkt durch das Verhältnis 57 : 2 gegeben. Man findet unter diesen Voraussetzungen, daß 3,4 % aller UII-Atome sich in UY verwandeln müßten, jedenfalls in auffallender Übereinstimmung mit den oben angegebenen Werten. Wenn dieses Ergebnis auch selbstverständlich keinen Beweis für eine tatsächlich stattfindende X_3 -Umwandlung darstellt, so spricht es doch sehr zugunsten der zum Ausgangspunkt genommenen Vermutung von *St. Meyer*. Wollte man die Existenz von mehr als 2 X_3 -Teilchen im UII-Kern annehmen, so müßte man mindestens deren 6 wählen, denen 54 α -Teilchen gegenüberstünden; das entsprechende Abzweignungsverhältnis von 10 % ergibt sich dann aber schon viel zu groß, so daß dieser Fall wohl auszuschließen ist.

Wenn UII eines seiner beiden X_3 bei einem Zerfall, der zum UY führt, verliert, kann unter den Folgeprodukten des letzteren gerade noch ein zweiter radioaktiver X_3 -Strahler sein, als welchen wir nach dem Vorausgehenden natürlich das RaAc ansehen werden. Bezüglich dieser Möglichkeit sei nur noch auf den Umstand hingewiesen, daß man die größere Reichweite des RaAc als jene Reichweite berechnen kann, die ein α -Strahl von der kleineren Reichweite bei zentralem Stoß auf ein relativ leicht gebundenes X_3 -Teilchen diesem letzteren erteilen kann. Das theoretische Verhältnis dieser beiden Reichweiten ist nämlich $1,1$, und in der Tat ergibt $4,2 \cdot 1,1 = 4,62$, gegenüber dem beobachteten Werte 4,61! Darf dieser Umstand, wiewohl er einer modellmäßigen Deutung jedenfalls große Schwierigkeiten bereitet, vielleicht doch nicht als ganz zufällig angesehen werden, so wäre damit ein quantitativer Anhaltspunkt für die Möglichkeit noch eines zweiten radioaktiven X_3 -Zerfalls gegeben.

Zusammenfassung.

Abgesehen von den Unsicherheiten, die in dem Charakter des verwendeten Beobachtungsmaterials (Atomgewichte, Szintillationszählungen

²⁹⁾ *St. Meyer*, ZS. f. phys. Chemie 95, 407 (1920), S. 433.

³⁰⁾ *O. Hahn* und *L. Meitner*, Phys. ZS. 20, 59, 1919; *St. Meyer*, l. c., auch Mitt. Ra.-Inst. Nr. 130, Wien. Ber. (2a) 129, 483, 1920; *G. Kirsch*, Mitt. Ra.-Inst. Nr. 127, Wien. Ber. (2a) 129, 309, 1920.

³¹⁾ *K. Fajans*, Phys. ZS. 14, 950, 1913; *A. van den Broek*, Nature 96, 677, 1916.

³²⁾ *St. Meyer*, *V. F. Heß* und *F. Paneth*, Mitt. Ra.-Inst. Nr. 64, Wien. Ber. (2a) 123, 1459, 1914.

usw.) begründet sind, haben die vorstehenden Betrachtungen zu folgenden Ergebnissen geführt:

1. Die ursprüngliche Rutherfordsche Auffassung, daß beim α -Strahl-Stoß in leichten Gasen Atomionen-Strahlen entstehen und beobachtbar werden können, scheint möglicherweise aus energetischen Gründen von vornherein abgelehnt werden zu müssen.

2. Es wird gezeigt, wie man Masse und Ladung der bei der Stickstoff- und Sauerstoffkernerlegung auftretenden unbekannten Strahlen ohne eine gewisse bei Rutherford verwendete Annahme berechnen kann, und daß dies eigentlich nicht zu einer völlig scharfen Entscheidung zugunsten von Rutherfords X_3 führt.

3. Die Kohäsionsenergie des Sauerstoff- und Stickstoffkernes ist sehr wahrscheinlich von niedriger Größenordnung als die Energie der $RaC\alpha$ -Strahlen. Dies wird belegt mit dem Richtungseffekt der X_3 -Strahlen und den Ergebnissen der Szintillationszählungen.

4. Das genaue Atomgewicht des X_3 berechnet sich zu 2,999—3,000. Hieraus folgt, daß das X_3 etwas weniger stabil ist als der Heliumkern.

5. Aus Atomgewichtsbetrachtungen wird geschlossen, daß der Kohlenstoffkern möglicherweise nicht aus X_3 -, sondern aus He-Kernen zusammengesetzt ist.

6. Es wird das Abzweignungsverhältnis der Actiniumreihe von der Uran-Radiumreihe beim dualen „ α -Zerfall“ des UIII unter der Annahme zutreffend berechnet, daß die zur Actiniumreihe führende Umwandlung ein X_3 -Zerfall ist.

7. Auch beim Radioactinium ergibt sich ein quantitativer Anhaltspunkt für das Auftreten radioaktiver X_3 -Strahlen.

Besprechungen.

Die Entwicklung der Brille VIII.

1. R. Greeff, Die Fadenbrille. Deut. opt. Wochenschr. 1920, [5.] 2—3, 4 + und 1 Tfl. (5. I.).
2. M. von Rohr, Zur Entwicklung der Fernrohrbrille. Vierter Nachtrag. (28. X. 19.) Ztschr. f. ophth. Opt. 1920, 8. 33—39, 3 + (1. III.).
3. A. Pichler, Beiträge zur Brillengeschichte aus Kärnten. (5. I.) Ebenda. 39—42, 3 + (1. III.).
4. M. von Rohr, Optische Bemerkungen zur Regensburger Brillenmacherordnung um 1600. (4. XI. 19.) Ebenda 76—85; 97—103, 3 + (10. VII.).
5. Curt Müller, Eine alte Nürnberger Brille. Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1920, 41, 285, 2 + (1. VIII.).
6. A. von Pflugk, Der biblische Moses mit der Brille. Aus einer Handschrift des 15. Jahrhunderts. Deut. opt. Wochenschr. 1920, [5.] 371—73, + (26. X.) Nachtrag dazu 416—17 (23. XI.).
7. Derselbe und M. von Rohr, Neue Funde zur Geschichte der Glasbrillen. Ebenda. 429—32, 4 + (7. XII.).
8. M. von Rohr, Acht Vorlesungen zur Geschichte der Brille. Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1920, 41, 383—85; 393—96; 405—09; 416—21; 429—32; 443—44; 456—60; 472—75; 21 + (vom 10. X. bis zum 20. XII.).

Nach der in den früheren Berichten üblichen Einteilung behandeln 6 und 8 ganz alte Zeiten, 1, 2, 3, 4, 5 und 8 das 17. und 18. Jahrhundert und die neue Zeit 2, 7 und 8.

Daß man im Mittelalter unbefangenerweise die Brille auf Bildern in Zeiten zurückverlegte, wo sie sicher noch nicht bekannt war, ist schon öfter gezeigt worden. A. v. Pflugk führt in 6 nicht nur einen solchen, besonders unmöglichen Fall aus einer Heidelberger Handschrift um 1450 auf, sondern er macht es wahrscheinlich, daß sich der Schreiber Diebold Lauber aus Hagenow i. E. selber dargestellt und seine Nietbrille (s. d. Zft. 1919, S. 210) mit grünen Schutzgläsern wiedergegeben habe. In dem Nachtrag verteidigt er diese seine Angabe gegen den Deutungsversuch, es handele sich bei der Darstellung um die spätere Form der Klemmbrille; diese sei zwar für Italien schon um 1431 und 46 nachzuweisen, käme hier aber nicht in Betracht. — Aus 8 sei auf einen Beitrag zum Altertum hingewiesen, wie man sich die Anfertigung der bewunderungswürdig fein geschnittenen Siegelsteine ohne Lupen verständlich machen könne, und auf einen Versuch, die ersten Brillen (um das Ende des 13. Jahrhunderts) als Eingläser aufzufassen.

Die ältesten Brillen werden in 4 besprochen, soweit das 17. und 18. Jahrhundert in Betracht kommt. Auf die Mitteilung des Münzfachmannes Fr. v. Schröter gestützt, gelingt es, die Münzangaben der Nürnberger Brillenmacherordnung in Silbermark umzurechnen. Bei der Besprechung der Brillenfassungen kann auf die weitgehende Verwandtschaft hingewiesen werden, die zwischen der Regensburger Ordnung und den noch erhaltenen Nürnberger Meisterbrillen besteht; die Verzierungen dieser Stücke sind erst durch den richtig gedeuteten Wortlaut der Ordnung verständlich geworden. Da nun das Brillenhandwerk zu Nürnberg älter ist, so kann man wohl annehmen, daß die — nicht mehr vorhandene — Nürnberger Ordnung der Regensburger ziemlich ähnlich gewesen ist. Die Beschreibung der Fassungen ist sehr genau und die Ausbildung der verschiedenen Formen auf eine erfreuliche Höhe gebracht. Über die Gläser herrscht leider völlige Dunkelheit, da wir nur solche Stärkenbezeichnungen kennen, wie sie der wenig unterrichtete Wanderhändler für den Verkehr mit seiner ungelehrten Kundschaft brauchte. Ein Versuch wird gemacht, die recht dürftigen Berichte über die sehr bedenklichen Verfahren zur Massenherstellung zusammenzutragen, wie sie an sehr zerstreuten Stellen erhalten sind. Die Preise der Brillen mögen den Angaben entsprechen, die uns aus noch früherer Zeit (s. d. Zft. 1920, 533) bekannt sind. In 3 teilt A. Pichler zunächst die späteste der Nürnberger Meisterbrillen (s. d. Zft. 1914, 617) mit, die sich zufälligerweise in Klagenfurt erhalten hat; sie wurde im Jahre 1714 angefertigt und zeigt gegen die älteren Stücke gehalten, eine merklich rohere Ausführung. Ein Lese-glas von ovaler Begrenzung zum Einschlagen in eine Hornfassung wird weiter beschrieben und schließlich die Darstellung einer Nietbrille auf einer um die Mitte des 15. Jahrhunderts in Kärnten oder in Salzburg angefertigten Randzeichnung. Es stimmt das zu der Pflugkschen Deutung in 6. — Auf Brillenformen, die sich aus spanischem Einfluß entwickelt haben, geht R. Greeff in 1 ein, und zwar behandelt er die ostasiatischen Fadenbrillen, die namentlich in Japan dem Gesichtsbau der Mongolen insofern geschickt angepaßt wurden, als neben der Brücke für den Nasen-

rücken auch noch eine Stirnstütze ausgebildet wurde. — Ziemlich eingehend wird gerade der spanische Einfluß auch in 8 untersucht, und man kann es selbst in unserer ungemein lückenhaften Überlieferung belegen, daß man in Mitteldeutschland um das letzte Drittel des 16. Jahrhunderts den Spaniern eine besondere Fertigkeit im Brillenfach zutraute. Es ist sogar recht wahrscheinlich, daß die Ohrenbrille in Spanien bereits etwa 100 Jahre vor ihrer Entwicklung in England (s. d. Zft. 1914, 617) erfunden wurde. — In 2 wird für diesen Zeitraum auf die Bestrebungen zur Entwicklung der Stöpsellinse (s. d. Zft. 1917, 203) hingewiesen, die offenbar im Anschluß an *R. Descartes* zwischen 1663 und 1715 von holländischen und englischen Gelehrten gemacht wurden. Damit ist auch wohl der Weg aufgefunden, durch den *B. Martin* (s. d. Zft. 1919, 210) auf seinen Vorschlag einer solchen Einrichtung gekommen ist. — Eine alte Nürnberger Messingbrille, die *C. Müller* in 5 beschreibt, gehört jedenfalls in das 18. Jahrhundert, ob aber in seinen Anfang ist doch recht fraglich, da man so früh bisher keinen Beleg aus dem deutschen Sprachgebiet dafür kennt. Der Stempel N. C. B., den der Verfasser als Nürnberger Konzessionierte Brillenmacher deutet, erweitert jedenfalls unsere noch sehr lückenhafte Kenntnis dieser Geschäftszeichen.

Was nun die neue Zeit angeht, so ließen sich die früher vermuteten (s. d. Zft. 1919, 211) Funde zur Stöpsellinse wirklich eintragen. Abgesehen von einem französischen Okular aus dem Jahre 1859 ist eine Abbildung aus einem englischen Aufsatz von 1850 zu erwähnen, wo eine nach deutschem Muster geschliffene Stöpsellinse dargestellt wird. Ich habe inzwischen gefunden, daß in der Londoner Weltausstellung vom Jahre 1851 solche Stöpsellinsen als Neuheit angeboten wurden. Zu den eigentlichen Fernrohrbrillen konnte die Übersetzung des bisher nicht veröffentlichten französischen Patents *A. Dillensegers* von 1849 auf eine „farbenfreie Theaterbrille mit Schiebeführung“ mitgeteilt werden, womit eine in meinem früheren Aufsätzen erwähnte Unsicherheit über den wahren Erfinder entschieden wird. — Eine Erweiterung der älteren Kenntnisse (s. d. Zft. 1920, 534) über die Glasbrillen bringen in 7 *A. v. Pflugk* und *M. v. Rohr*. Die Ergänzung der Pflugkschen Sammlung durch eine wichtige Brillenmacherschrift Wiener Ursprungs lieferte sehr wertvolle Nachweise. Danach ist die vielfach als Waldsteinsche bezeichnete starre Glasbrille schon um 1824 von einem nicht mehr bekannten Erfinder angeboten worden, und die Glasbrillen mit Metallbrücke gehen sicher auf den Stuttgarter Brillenerzeuger *S. Fr. Trostel* und das Jahr 1848 zurück. Spätere Formen des italienischen Gewerbefleißes sind nach *A. Pichlers* Mitteilungen auf *Oliva* in Mailand zurückzuführen. — Was 8 angeht, so wurden auch für die neue Zeit bis zum Jahre 1908 hin die zugänglichen Nachrichten über Brillengläser und -fassungen zusammengetragen, ohne daß es dabei zu besonders wichtigen neuen Erkenntnissen gekommen wäre, die hier erwähnt werden müßten.

M. von Rohr, Jena.

Mawson, Douglas, Leben und Tod am Südpol. 2 Bde. Leipzig, F. A. Brockhaus, 1921. 292 u. 263 S. und 104 Abbild., darunter 5 Panoramen, 6 bunten Tafeln und 7 Karten. Preis M. 110,—.

Die Schilderung der australischen Südpolarexpedition, die unter der Leitung von *Mawson* in den Jahren 1911 bis 1914 einen bisher völlig unbekannten Teil des antarktischen Kontinents erforscht hat, stellt sich würdig den früheren klassischen Reisebeschreibungen von

E. v. Drygalski, *O. Nordenskjöld*, *J. Charcot*, *R. F. Scott*, *E. H. Shackleton* und *R. Amundsen* zur Seite. In weitgehendem Maße kommen neben dem Expeditionsleiter auch seine Kameraden zu Wort, von denen *R. Bage* die Schlittenreise nach dem magnetischen Südpol, *C. T. Madigan* die Erforschung der Küste von König-Georg-V.-Land, *J. K. Davis* die Reisen des Expeditionsschiffes „Aurora“, *F. Wild* die Arbeiten der Weststation auf Königin-Mary-Land, *S. E. Jones* die Schlittenfahrt von dort zum Gaußberg und *G. F. Ainsworth* die Tätigkeit der Nebenstation auf der Macquarie-Insel schildern.

Die Hauptstation wurde im Januar 1912 an der Küste der Commonwealthbai in Adelieland, etwas südlich des Polarkreises in 142½° östlicher Länge, angelegt, eine Stelle, die sich später als die unwirtlichste erwies, die bisher auf dem Erdball bekannt geworden ist. Etwa 48 Längengrade weiter westlich errichtete man eine Zweigstation, die ein wenig nördlich des Polarkreises lag und ein Jahr lang in Tätigkeit war, während die Hauptstation und die Nebenstation auf der Macquarie-Insel ihre Beobachtungen auf zwei Jahre ausdehnten.

Die Beschreibungen des täglichen Lebens an der weltabgeschiedenen Küste, der Naturverhältnisse, vor allem der furchtbaren Stürme, des absonderlichen Tierlebens, besonders aber der Schlittenreisen bieten außerordentlich viele interessante Einzelheiten. Leider hat der weiße Tod auch auf dieser Expedition seine Opfer gefordert, und mit atemloser Spannung liest man das Tagebuch von *Mawson*, in dem dieser erzählt, wie der eine seiner beiden Begleiter lautlos in einer Gletscherspalte verschwindet und der andere bald darauf den Beschwerden der Reise erliegt, so daß der Führer, ganz auf sich allein angewiesen, mitten in der antarktischen Eiswüste stand und es nur den günstigen Windverhältnissen zu verdanken hatte, daß er nach einem Monat die Station noch lebend erreichen konnte.

Während die meisten Schlittenexpeditionen von den beiden Stationen aus in der Nähe der Küste und im wesentlichen parallel zu dieser nach Westen und nach Osten führten und hauptsächlich topographischen Aufnahmen dienten, hatte eine südostwärts, in das Innere des Hochlandes gerichtete, unter Leitung von *Bage*, sich die Erreichung des sogenannten magnetischen Südpoles als Ziel gesetzt. *Bage* gelangte auch am 21. Dezember 1912 in 70° 36,5' südlicher Breite und 148° 10' östlicher Länge bei 1800 m Höhe bis zu einer Stelle, an welcher die erdmagnetische Inklination von 89° 43,5' gemessen werden konnte. Die Entfernung von hier bis zu jenem Punkte, an dem Professor *David* von Südosten her kommend, im Januar 1909 eine Inklination von 89° 48' beobachtet hatte, beträgt noch etwa 280 km. Auf dieser Strecke dürfte also der südliche Magnetpol der Erde zu suchen sein.

Die Vergletscherung des Landes ist eine außerordentlich starke. Nur an ganz wenigen und kleinen Stellen ist der Felsgrund, der meist aus alten Gesteinen, namentlich stark gefaltetem Gneis bestand, frei von Eis. Das Inlandeis bricht an der Küste meist in steilen Mauern zum Meere ab, doch sind die beiden Eiszungen des Nissis- wie des Mertzgletschers östlich der Hauptstation etwa 100 km weit in das Meer vorgeschoben. Bei der Weststation tritt das Eis sogar in der Form des Barriereeises auf. Die dort entdeckte schwimmende Tafel des Shackleton-Schelfeises dürfte ein Areal von rund 100 000 qkm einnehmen.

Die klimatischen Verhältnisse an der Hauptstation übertrafen die schlimmsten Befürchtungen. Auf nie-

drige Temperaturen war man gefaßt gewesen, und wenn auch die Mitteltemperatur des ersten Jahres mit -18° im Nordpolargebiet erst unter 80° geographischer Breite erreicht wird, so sank die Temperatur im Meeresniveau doch niemals unter -33° .

Dagegen kann es keinem Zweifel unterliegen, daß Adelieland die stürmischste Gegend ist, von der wir bisher Kunde haben. Die mittlere Windgeschwindigkeit war während des ersten Beobachtungsjahres 22 m pro Sekunde, die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten der Herbstmonate betrugen im März 22, April 23, Mai 27 m/s. Am 15. März wurde ein Tagesmittel von 40 m/s, also volle Orkanstärke gemessen und am 24. Mai überschritt die Maximalgeschwindigkeit sogar diesen hohen Wert um das Doppelte. Die Fortbewegung auf dem Eise war unter diesen Verhältnissen mit den größten Schwierigkeiten verknüpft, und wir lernen in dem Werk sehr merkwürdige Methoden des Gehens im Winde und des „Liegens auf dem Winde“ kennen. Gelegentlich wurden die Menschen vom Sturme vollständig emporgehoben und mehrere Meter weit fortgeschleudert. Alles lockere Material, loser Schnee und Gesteinsbrocken werden vom Sturme, der fast ständig aus dem Innern auf das Meer hinaus weht, fortgetrieben. Um so merkwürdiger ist die Auffindung eines etwa faustgroßen Meteorsteins auf der Schneeoberfläche (Bd. II, S. 9). Gelegentlich treten auch lokal sehr eng begrenzte Luftwirbel auf, die z. B. einen drei Zentner schweren Gegenstand emporwirbelten und 50 m weit trugen. Auf See erschienen sie als Wasserhösen bis zu 120 m Höhe.

Über die Zwischenstation der Macquarie-Insel stand die Hauptstation während des zweiten Jahres in funkentelegraphischer Verbindung mit der Außenwelt, zum ersten Male in der Geschichte der Polarforschung.

Eine reiche Quelle der Unterhaltung bot das Tierleben, insbesondere das komische Benehmen der Kaiserpinguine, die dem Menschen ohne Scheu mit majestätischen Gebärden entgegengehen und ihn mit tiefen Verbeugungen begrüßen.

Die Macquarie-Insel, „ein Land voll Sturm und Nebel“, wie Ainsworth es nennt, liegt etwa ebensoweit vom Südpol entfernt wie die Insel Rügen vom Nordpol, hat aber ein subpolares Klima und eine antarktische Tierwelt. Neben verschiedenen Robbenarten wie See-Elefanten und See-Leoparden besuchen die Pinguine zu vielen Tausenden die Insel, um hier ihrem Brutgeschäft obzuliegen. Außer den Königspinguinen sind auch die Esels-, Schopf- und Viktoriapinguine zahlreich vertreten.

Das Wetter war in der Regel schlecht und die See sehr bewegt. In der Nacht des 28. Juni 1912 trat eine Flutwelle ein, die ein Ansteigen des Wassers von 6 bis $7\frac{1}{2}$ Metern bewirkte, eine ganz ungewöhnliche Höhe, die zur Vorsicht bei der Anlage von Stationen auf niedrigen ozeanischen Inseln mahnt.

Eine der wichtigsten Aufgaben, die der Station auf Macquarie-Insel zufielen, war die Aufrechterhaltung des funkentelegraphischen Verkehrs mit Mawsons Hauptstation, der im zweiten Jahre gut funktionierte. Gelegentlich wurde eine Verständigung mit der 3860 Kilometer entfernten Insel Suva der Fidischgruppe erzielt, eine bemerkenswerte Leistung für einen Apparat von nur $1\frac{1}{2}$ Kilowatt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Werk in der ansprechenden Form von persönlichen Erlebnissen eine lebhaft und vortreffliche Schilderung der natürlichen Verhältnisse eines typischen Teiles der Antarktis gibt, in der alle Zweige der Naturwissenschaften

zu ihrem Rechte kommen. Den kühnen Männern, deren opferfreudiger Arbeit wir diese Ergebnisse verdanken, gebührt volle Anerkennung, denen, die als Opfer der Wissenschaft ihr Leben ließen, ein ehrenvolles Gedenken.

O. Baschin, Berlin.

Stock, Alfred, und Arthur Stähler, Praktikum der quantitativen und anorganischen Analyse. Dritte, durchgesehene Auflage. Berlin, Julius Springer, 1920. VIII, 142 S. und 36 Textfiguren. Preis M. 16,—.

Die neue Auflage ist gegenüber der vorhergehenden nur unwesentlich verändert worden; ein Eingehen auf den Inhalt des bekannten Büchleins ist daher nicht erforderlich.

Breitensteins Repetitorien. Nr. 37 c. Praktikum und Repetitorium der quantitativen Analyse. III. Teil. Elektroanalyse. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1920. VIII, 96 S. und 27 Fig. Preis geh. M. 10,80; geb. M. 12,75 und Teuerungszuschläge.

Ein vortreffliches Büchlein, das Lehrenden und Lernenden bestens empfohlen werden kann. Im ersten Teil werden die theoretischen Grundlagen der Elektroanalyse besprochen, dann folgt die Beschreibung der Apparate und Schaltungen; den Schluß bildet die Wiedergabe der Vorschriften zur elektrolytischen Bestimmung aller wichtigen Metalle und einiger Anionen. — Die Darstellung ist klar, einfach und entspricht den jetzt geltenden Anschauungen. Durch eingehende Schilderung von Arbeitsweisen, Handgriffen, Fehlergrenzen usw. ist besonders für den Anfänger gesorgt, während der Erfahrene aus der theoretischen Begründung der Brauchbarkeit der verschiedenen Methoden bei den einzelnen Metallen Nutzen ziehen wird. — Metalltrennungen sind nur im theoretischen Teil berücksichtigt.

Daß der Name der Verfasser dieser Sammlung nicht genannt wird, erscheint mir als recht unzeitgemäß.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die periodischen und unperiodischen Schwankungen des Wasserstandes der Nord- und Ostsee, insbesondere der deutschen Ostseeküste haben in zwei jüngst erschienenen Arbeiten eingehende Behandlung gefunden. Prof. Dr. Kühnen wendet seine Untersuchung in einer wertvollen, umfangreichen und außerordentlich mühsamen Arbeit den periodischen Veränderungen des Mittelwasserstandes zu. (*Veröffentlichung des Preussischen Geodätischen Instituts, N. F., Nr. 70.* Kühnen, *Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona, Swinemünde, Pillau, Memel und das Mittelwasser der Nordsee bei Bremerhaven in den Jahren 1898 bis 1910.* Berlin 1916. Vergl. auch *Annalen der Hydrographie* usw. 1917, S. 252—258.) In umfangreichen Tabellen sind die auf Normalnull reduzierten Wasserstände 12^h mittags M. E. Z. veröffentlicht. Die abgeleiteten Monats- und Jahresmittel des Wasserstandes sind in besonderen Tabellen vereinigt und auch graphisch dargestellt. Es handelt sich bei den periodischen Schwankungen der Monatsmittel um Amplituden von 12 bis 25 cm, und zwar herrscht bei den oben genannten Stationen im Mittel des ganzen Zeitraumes ein auffallend gleicher Gang des Mittelwasserstandes, wie Fig. 1 zeigt. Dieser tritt auch noch, wenn auch nicht so ausgeprägt, in den einzelnen Jahren hervor. Um nun die Besonderheiten der einzelnen Stationen auszu-

schalten und die *allen gemeinsamen* Erscheinungen der periodischen Änderungen herauszuarbeiten, wurden die Monatsmittelwerte aller Stationen einer gemeinsamen Ausgleichung unterworfen, hierbei aber noch die Mittelwasserwerte des gleichen Zeitraumes von 10 dänischen Stationen, nämlich Esbjerg, Hirshals, Frederikshavn, Aarhus, Fredericia, Sliphavn, Korsør, Gjedser, Kopenhagen, Hornbaek, aus einer dänischen Veröffentlichung hinzugezogen. Hierdurch sind die abgeleiteten Ergebnisse für ein größeres Gebiet, nämlich die südöstliche und östliche Nordsee sowie die westliche und südliche Ostsee gültig. Um die Wasserstandsänderungen von Monat zu Monat einfach zur Darstellung zu bringen, wurde mit Hilfe der Ausgleichungsrechnung

im November, ein Hauptmaximum von Juli bis September und ein sekundäres im Dezember, Januar. Diese Schwankungen sind in ähnlicher Weise auch in der westlichen Nordsee und im Norden der Ostsee vorhanden. Diese errechnete mittlere Wasseroberfläche des ganzen betrachteten Gebietes weicht von der tatsächlichen mittleren Wasseroberfläche des betreffenden Monats naturgemäß zeitweise stark ab. Kühnen hat diese Abweichungen v für alle einzelnen Stationen berechnet und der Ausgleichung unterworfen. Als Beispiel sei angeführt:

$$\begin{aligned} \text{Esbjerg} \dots \dots v_t &= 71,1 \cdot \cos(30^\circ t - 155^\circ 25') \\ &\quad + 23,4 \cdot \cos(60^\circ t - 165^\circ 35'), \\ \text{Bremerhaven} \dots v_t &= 34,7 \cdot \cos(30^\circ t - 153^\circ 17') \\ &\quad + 29,3 \cdot \cos(60^\circ t - 162^\circ 30'), \\ \text{Swinemünde} \dots v_t &= 2,1 \cdot \cos(30^\circ t - 322^\circ 36') \\ &\quad + 5,0 \cdot \cos(60^\circ t - 183^\circ 26'). \end{aligned}$$

Ein Vergleich der hier auftretenden Amplituden mit den obigen für H_t angeführten läßt erkennen, daß die einzelnen Orte ganz erhebliche Eigenheiten aufweisen.

Um der Ursache der den sämtlichen Stationen gemeinsamen halbjährlichen und jährlichen Periode auf die Spur zu kommen, wurde versucht, eine Beziehung zu den Luftdruckverhältnissen festzustellen und den täglichen Wetterkarten der Deutschen Seewarte für 8^h V die folgenden Luftdruckdifferenzen entnommen:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \text{Luftdruck bei den Shetlandinseln} \\ \Delta_2 &= \text{Luftdruck nördlich vom Kanal} \\ \Delta_3 &= \text{Luftdruck bei den Ålandinseln} \\ \Delta_4 &= \text{Luftdruck in der Danziger Bucht} \end{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \text{minus Luftdruck} \\ \text{im geometrischen} \\ \text{Mittelpunkt der} \\ \text{Station} \\ (55^\circ 13' \text{ N. Br.,} \\ 12^\circ 9' \text{ O. Lg.).} \end{array} \right.$$

Die Abhängigkeit der Wasserstände von diesen Gradienten wurde dann durch eine Berechnung mit Fehlergleichungen der folgenden Form dargestellt:

$$k + a \cdot B_t + b \cdot \Delta_1 + c \cdot \Delta_2 + d \cdot \Delta_3 + e \cdot \Delta_4 - H_t = v_t$$

worin B_t den Luftdruck minus 760 mm in dem geometrischen Mittelpunkt aller Stationen bedeutet, die übrigen Größen haben die bereits genannte Bedeutung. Für die Konstanten ergeben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned} k &= -38,1 \text{ mm} \pm 7,2 & a &= -10,0 \text{ mm} \pm 3,9 \\ b &= +3,1 \text{ " } \pm 3,0 & c &= -2,8 \text{ " } \pm 4,0 \\ d &= +29,7 \text{ " } \pm 3,5 & e &= +6,0 \text{ " } \pm 6,7 \end{aligned}$$

b , c , e ist offenbar infolge ihrer Unsicherheit keine Bedeutung beizulegen, k besagt, daß, wenn der Luftdruck 760 mm beträgt und keine Gradienten vorhanden sind, die Wasseroberfläche im geometrischen Mittelpunkt, also südöstlich Seeland, 38,1 mm unter NN liegt; a , daß die Wasseroberfläche um 1 cm fällt, wenn der Luftdruck am Ort um 1 mm zunimmt und umgekehrt; d besagt, daß das Mittelwasser um 3 cm steigt oder fällt, wenn der Luftdruck bei den Ålandinseln um 1 mm tiefer oder höher steht als südöstlich Seeland.

Eine genauere Betrachtung aber zeigt, daß diese Luftdruckdifferenz durchaus nicht genügt, die vorhandenen Wasserstandsschwankungen zu erklären. Die sich aus obigen Fehlergleichungen ergebenden v_t haben beträchtliche Größen. Ihre Ausgleichung ergab:

$$v_t = 51,1 \cdot \cos(30^\circ t - 249,7^\circ) + 13,2 \cdot \cos(60^\circ t - 79,8^\circ)$$

in mm.

Ein Vergleich mit obiger Gleichung für H_t lehrt, daß die jährliche Periode wenig geändert ist, wohl aber die halbjährliche, die offenbar wesentlich von den betrachteten Luftdruckdifferenzen abhängt. Für die jährliche Periode wird man außerhalb der Nord- und Ostsee im Gebiet des Atlantischen Ozeans liegende Ursachen annehmen müssen, über die wir aber bislang nur Vermutungen haben (vgl. diese Zeitschrift 1920 S. 1017). —

Ganz andere Ziele verfolgt die sich ebenfalls auf das von Kühnen veröffentlichte Material stützende Arbeit

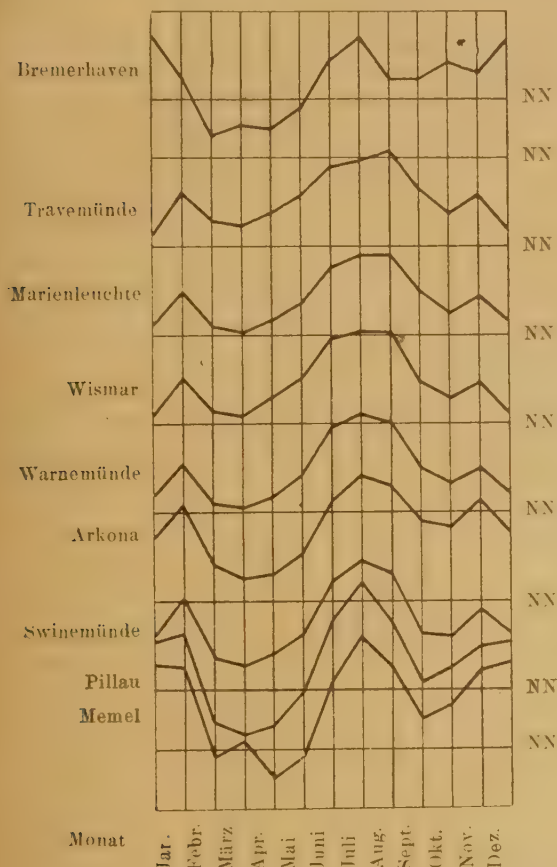


Fig. 1. Durchschnittliche Monatsmittel des Wasserstandes 1898 bis 1910.

für jeden Monat unter Voraussetzung der Gestalt eines Rotationsellipsoides eine mittlere Wasseroberfläche bestimmt, die sich der Mittelwasserhöhe sämtlicher Pegelstationen möglichst anschmiegt. Die Beziehung der Lage dieser mittleren Wasseroberfläche zu einem sich aus bestimmten Bedingungen der Rechnung ergebenden Referenzellipsoid wurde ausgedrückt durch fünf Zahlenwerte für jeden Monat jedes Jahres, die für die geometrische Mitte der sämtlichen Stationen ($55^\circ 13' \text{ N. Br. und } 12^\circ 9' \text{ O. Lg., südöstlich der Insel Seeland}$) gelten. Sie zeigen alle jährliche und halbjährliche periodische Änderungen, z. B. ist die Wasserstandshöhe der Ostsee über dem Referenzellipsoid H_t im Mittel der Jahre 1898—1910 im Monat t in mm;

$$H_t = -7,9 + 60,0 \cdot \cos(30^\circ t - 261^\circ 28') + 39,9 \cdot \cos(60^\circ t - 28^\circ 18')$$

Charakteristisch ist ein Hauptminimum des Wasserstandes im März, April, Mai, ein sekundäres Minimum

von Christine Stellmacher (Über den Einfluß von Luftdruck und Wind auf Hoch- und Niedrigwasser an der deutschen Ostseeküste. *Annalen der Hydrographie usw.* 1920, S. 337—352, 377—396, auch *Dissertation Münster*). In dieser handelt es sich darum, die Ursachen der unperiodischen abnormen Wasserstände an der deutschen Ostseeküste zu untersuchen. Es wurden insgesamt 35 Extremfälle untersucht, und zwar 17 mit Hochwasser und 18 mit Niedrigwasser, bei denen die Bedingung gestellt war, daß der abnorme Wasserstand zugleich in bestimmtem Grade an mehreren der acht eingangs genannten Ostseestationen auftrat. Es ergibt sich folgendes. Ablandige Winde aus südlichen Richtungen, insbesondere aus dem SW-Quadranten, bewirken niedrigen Wasserstand, und die diese Winde bedingenden Minima ziehen nördlich der deutschen Ostseeküste vorbei. Bei den betrachteten Extremfällen bewegten sie sich stets polwärts der Linie Borkum—Archangelsk, hoher Druck lag über dem mittleren und südlichen Europa. Hochwasser tritt dagegen als Folge auflandiger Winde auf und ist besonders durch nordwestliche bis nordöstliche Stürme bedingt. Die diese erzeugenden Luftdruckminima bewegten sich in den



Fig. 2. Abhängigkeit der Extremwasserstände von den Windrichtungen für Travemünde, Swinemünde und Memel.

18 untersuchten Fällen von Westeuropa südlich der deutschen Küste nach Westrußland oder auch vom Süden durch Mittel- nach Nordosteuropa, und hoher Druck lagerte über Nord- und Westeuropa. Die Abhängigkeit der Extremwasserstände von den Windrichtungen zeigen klar die in Fig. 2 dargestellten Wasserstandswindrosen für Travemünde, Swinemünde und Memel. Der Kreis bedeutet Normalnull, und 5 mm Radiuslänge entsprechen einem Wasserstand von 200 mm. Deutlich tritt auch bei Memel die abweichende Abhängigkeit von der Windrichtung im Vergleich mit Travemünde und Swinemünde hervor, die durch die verschiedene Richtung des Küstenverlaufes bedingt ist.

Bruno Schulz.

Die kleinste Betriebsspannung eines Lichtbogens in einatomigen Gasen zwischen einer glühenden (Elektronen emittierenden) Kathode und einer gewöhnlichen Anode ist neuerdings das Thema vieler Experimentaluntersuchungen geworden, weil sie einen interessanten Zusammenhang mit den Vorstellungen der Bohrschen Atomtheorie ergibt. Da im Lichtbogen unzweifelhaft eine starke Ionisation der Atome herrscht, so sollte man annehmen, daß die kleinste zum Betreiben des Bogens nötige Spannung gleich der Ionisierungsspannung des Gases sei, in dem der Lichtbogen brennt.

Tatsächlich ist sie jedoch niedriger und scheint bei der Spannung zu liegen, die ein Elektron durchlaufen haben muß, um beim Zusammenstoß ein äußeres Elektron des getroffenen Atoms von seiner stabilsten Bahn in die nächst äußere Quantenbahn zu heben; die kleinste Klemmenspannung des Lichtbogens wäre also identisch mit der Resonanzarbeit, die ihren Namen der Tatsache verdankt, daß sie am Atom geleistet werden muß, um es zur Emission des ersten Gliedes der Absorptionsserie, also der Resonanzlinie zu veranlassen. — Die Theorie gibt dieses Resultat wieder, indem sie die Statistik der Zusammenstöße berücksichtigt: Ist die Dichte der vom Glühdraht kommenden primären Elektronen groß genug, so kann ein Atom, dem durch Stoß die Resonanzenergie zugeführt ist, bevor die Energie wieder ausgestrahlt wird, ein zweites Mal getroffen werden. Da die Ionisierungsarbeit bei den meisten Atomen kleiner als der doppelte Wert der Resonanzarbeit ist, so gequält dieser zweite Stoß, um Ionisationen hervorzurufen. In den Fällen, in denen sie größer als dieser Betrag ist, nimmt man die Mitwirkung eines dritten Stoßes an. — Die bisherigen Arbeiten ergaben keine genaue Übereinstimmung der kleinsten Betriebsspannung des Bogens mit dem Resonanzpotential, vielmehr kamen selbst bei der Zündspannung prozentisch stark ins Gewicht fallende Unterschreitungen vor, bei denen es zweifelhaft erscheinen konnte, ob sie durch den Einfluß von Kontaktpotentialdifferenzen und Anfangsgeschwindigkeiten der vom Glühdraht kommenden Elektronen gedeutet werden können.

Aus diesem Grunde haben K. T. Compton, E. G. Lilly und P. S. Olmstedt (*Physical Review* Vol. 14, Nr. 4, S. 282, 1920) die Versuche wieder aufgenommen. Sie arbeiteten mit Helium, da hier die Resonanzspannung (20,4 Volt) und die Ionisierungsspannung (25,3 Volt) groß sind verglichen mit den oben genannten Fehlerquellen. Es ergab sich bei starker Elektronenemission des Glühdrahtes, daß die Zündspannung niemals unter den Wert der Resonanzspannung heruntersank. Eine Anomalie machte sich in einigen Fällen bei der Bestimmung der kleinsten Betriebsspannung bemerkbar, wenn durch Verkleinerung des Vorschaltwiderstandes nach Entzündung des Bogens die Stromstärke vergrößert wurde. In diesem Falle sank manchmal die Klemmenspannung wesentlich unter den Wert von 20,5 Volt. Der tiefste Wert betrug sogar nur 8 Volt. Die Verfasser deuten diese Erscheinung, indem sie darauf hinweisen, daß die an der Kathode sich neutralisierenden positiven Ionen Heliumatome in allen Anregungsstufen ergeben können, so daß sie mit kleinem Energieaufwand wieder ionisiert werden können. (Diese Möglichkeit liegt in der Tat vor, besonders, wenn man die Bildung von metastabilem zweiquantigen Helium, dessen Ionisierungsspannung nur 4,8 Volt beträgt, und dessen große Lebensdauer die Wahrscheinlichkeit von Doppelstößen wesentlich vergrößert, mit in die Betrachtung hineinnimmt. Jedoch sollte auch eine andere Deutung noch in Betracht gezogen werden. Sie ist in dem möglichen Auftreten von elektrischen Schwingungen in der von dem Verfasser gewählten Versuchsanordnung gelegen. Wenn aber Schwingungen auftreten, so kann die am Gleichstrominstrument abgelesene Spannung für kurze Augenblicke wesentlich überschritten werden und auf diese Weise in kurzen Zeitintervallen der Anstoß zur Entladung immer wieder neu erfolgen.) Welche Deutung nun auch die richtige sein mag, jedenfalls wird man in dem Auftreten der Resonanzspannung als ein-

zige charakteristische Konstante mit den Verfassern einen starken Anhaltspunkt für die oben geschilderte Auffassung sehen. Sie wird weiter gestützt durch Messungen der Spannungen, bei denen die Autoren das Auftreten von Linien des Heliumions beobachteten; sie erschienen gerade bei den Spannungswerten, die sich aus der Summe der nach Bohr bekannten Anregungsenergie des Heliumions und der Resonanzspannung des Atoms berechnen. Das ist nur verständlich, wenn gerade die Resonanzspannung zur oben beschriebenen indirekten Ionisation des Atoms führt.

J. Franck.

Die Ramuswirkung bei Gleitbooten. Der interessante Bericht von *Commentz* über die Vorteile einer stufenartigen Form des Schiffsbodens¹⁾ zeigt, daß hier offenbar eine Verminderung des Reibungswiderstandes durch eine wogenähnliche Form des Schiffsbodens erzielt wird. Wenn Massen sich in gleitender Reibung gegeneinander bewegen, so besteht das Bestreben, ihren Grenzflächen eine Wogenform aufzuzwingen, weil nur dann ein dynamischer Gleichgewichtszustand bestehen kann²⁾. Bei einem fahrenden Schiff muß daher in der Nähe des Schiffsbodens im allgemeinen eine turbulente Bewegung der Wasserteilchen stattfinden, die nur dann in eine laminare übergehen kann, wenn der Boden eine Wogenform aufweist. Es steht daher zu erwarten, daß der Ramuseffekt sich noch stärker geltend machen würde, wenn man dem Schiffsboden statt der Stufenform eine Wogenform gibt. Da die Einzelheiten dieser Form, insbesondere die Wogenlänge, jedoch in gesetzmäßiger Weise von der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Wasser und Schiff abhängen, so kann eine feste Form immer nur einer bestimmten Geschwindigkeit entsprechen.

Ein idealer Zustand in bezug auf die Reibung zwischen Wasser und Schiff wäre erst dann erreicht, wenn es gelänge, den Schiffsboden bzw. die gesamten Außenwände des Schiffskörpers aus einem leicht nachgiebigen, biegsamen Stoff so herzustellen, daß die Schiffsform sich den jeweiligen Geschwindigkeiten anpassen kann. In der Praxis ist diese Forderung natürlich nicht zu verwirklichen. Dagegen ist sie als heuristisches Prinzip nicht ohne Wert und könnte, wenigstens teilweise, bei Modellversuchen oder in kleinem Maßstabe für sportliche Zwecke wohl erfüllt werden. Wenn dabei sehr große Geschwindigkeiten in Frage kommen, dürfte es sich jedoch als zweckmäßig erweisen, die gleitende Reibung gewissermaßen durch die rollende zu ersetzen, indem man mehrere hintereinander liegende, walzenförmige, um horizontale Achsen drehbare Schwimmer als Tragkörper für den eigentlichen Schiffsrumpf verwendet, der während der Fahrt mit dem Wasser gar nicht in Berührung zu kommen braucht. Ein solches Schnellboot könnte bei kräftigem Antrieb mit Flugzeugpropellern wie ein flacher geschleudeter Stein über die Wasseroberfläche dahinschießen, auf welcher die walzenförmigen Schwimmkörper mehr rollen als gleiten werden, weil sie bei der großen Geschwindigkeit nur wenig in das Wasser einzutauchen vermögen.

Otto Baschin.

Ein neuentdeckter Süßwasser-Polychaete. Im *Bulletin de la Société Neuchateloise des Sciences naturelles* (T. 45, 1920) berichtet Th. Delachaux von einem

im Dezember 1919 entdeckten höhlenbewohnenden Süßwasser-Polychaeten.

Die *Polychaeten* (Borstenwürmer) wurden bisher als ausschließlich meerbewohnend angesehen. Einige Arten allerdings kennt man im Süßwasser; sie gehören indes marinen Gattungen an und haben sich erst in neuerer Zeit ans Süßwasserleben angepaßt. Bei dem von Delachaux in einer Höhle der Reuß-Schluchten gefundenen *Troglochaetus beranecki* nov. gen. nov. spec. dürfte es sich um einen Vertreter dieser Borstenwürmerordnung handeln, der seit einer sehr frühen Zeitepoche im Süßwasser lebt, ebenso wie der Krebs *Bathynella*, in dessen Gesellschaft er angetroffen wurde. Für das Alter des letzteren hat man Anhaltspunkte in seiner Ähnlichkeit mit gewissen fossilen — im Carbon gefundenen — primitiven Formen. Beide — *Bathynella* und *Troglochaetus* — dürften als Überlebende einer präglazialen Zeitepoche anzusehen sein. Vermöge ihrer Anpassung an die besondere Lebensweise in Höhlen überdauerten sie die Eiszeit und blieben zusammen mit einigen anderen Tieren, die als höhlenbewohnende Arten die einzigen Süßwasservertreter ihrer im Meere heimischen Gattung darstellen, erhalten. Im Einklang damit steht der relativ primitive Bau. Delachaux sagt von *Troglochaetus beranecki*, daß er die hauptsächlichsten Charakteristika der *Polychaeten* besitze, indes nur in ihrer einfachsten Form; er spricht geradezu von „larvalen Charakteren“. Deshalb räumt er dem neuentdeckten Wurm auch eine ganz gesonderte Stellung unter den *Polychaeten* ein, wenigstens bis weitere Funde nähere Untersuchungen über Bau und Entwicklung des Tieres ermöglichen.

Fr. Lenz.

Astronomische Mitteilungen.

Sonnenatmosphäre und Einsteineffekt. (E. Emden Sitz.-Ber. der Bayr. Akad. der Wiss. 1920.) Als die Beobachtungsergebnisse der englischen Sonnenfinsternisexpedition vom 29. Mai 1919 mit ziemlicher Sicherheit die Existenz einer Lichtablenkung in der Nähe der Sonne erwiesen hatten, die dem Betrage und dem Verlauf nach befriedigend mit der von der Relativitätstheorie gegebenen Vorausberechnung übereinstimmte, wurde natürlich von verschiedenen Seiten die Frage aufgeworfen, wie weit eine Brechung in der Sonnenatmosphäre diesen Effekt vortäuschen könnte. In direkter Weise war diese Frage bisher nicht beantwortet worden. Es war nur verschiedentlich darauf hingewiesen worden, daß, falls eine Sonnenatmosphäre in irgend einem Abstände von der Oberfläche eine Brechung des gewünschten Betrages hervorrufen würde, diese für andere Punkte nicht mit den Beobachtungen übereinstimmen könne. Denn in einer solchen Atmosphäre würde mit wechselndem Abstand vom Sonnenmittelpunkt der Abfall der durch Refraktion erzeugten Lichtablenkung nicht linear verlaufen, wie es die Relativitätstheorie fordert und die Beobachtungen auch befriedigend zeigen. Als weiteres indirektes Argument gegen eine solche Annahme spricht, daß bei einer solchen Atmosphäre die Lichtschwächung durch Absorption so ungeheuer stark sein würde, daß überhaupt kein Licht der Sterne durch eine solche Atmosphäre hindurch sichtbar sein würde.

Es ist nun eine besonders wertvolle Ergänzung dieser Erwägungen, daß Emden in seiner Abhandlung das Problem unmittelbar angreift und die mögliche Größe einer solchen Refraktion in der Sonnenatmo-

¹⁾ *Commentz*, Schiffswiderstand und Ramuswirkung bei Stufenbooten. Die Naturwissenschaften, Berlin 1920, 8. Jahrg., H. 52, S. 1030—1031.

²⁾ O. Baschin, Das Gleitflächengesetz. Ebenda, 1919, 7. Jahrg., II. 44, S. 816.

sphäre berechnet. Die Durchführung der Rechnungen setzt eine so eingehende Kenntnis der Aufbaugesetze von Gasatmosphären voraus, wie sie wohl außer dem Verfasser zurzeit nur wenigen eigen ist.

Die Rechnungen ergeben, daß die beobachtete Lichtablenkung bei der Sonne auch nicht zu einem merklichen Bruchteil durch eine Refraktion in einer Sonnenatmosphäre hervorgerufen sein kann.

Bezeichnet man mit R_1 die Lichtablenkung im Abstände r_1 vom Sonnenmittelpunkt, q_1 die Dichte der Atmosphäre im Abstände r_1 , q_0 die Dichte der Photosphäre, so gilt mit genügender Annäherung nach Emden

$$q_1 = q_0 \cdot 10^{-1000/r_1}$$

Für die Lichtablenkung leitet er die Beziehung ab:

$$R_1 = 2 \cdot 10^2 \cdot v \cdot q_1;$$

hier mißt v den Einfluß der Dichte eines Stoffes auf seinen Brechungsexponenten $\mu = 1 + v \cdot q$. Nach der Relativitätstheorie ist die Lichtablenkung im Abstände von 1° vom Sonnenmittelpunkt etwa gleich $1'' = 0,000\,0048$, v ist für Wasserstoff gleich $1,546$. Es müßte also auf Grund der Beobachtungen $R_1 = 4,8 \cdot 10^{-6}$ sein, während andererseits für R_1 die Beziehung gilt:

$$R_1 = 2 \cdot 10^2 \cdot v \cdot q_1; \quad q_1 = q_0 \cdot 10^{-1000/r_1}$$

Die mittlere Dichte der Sonne beträgt $1,4 \frac{g}{cm^3}$; q_0 , die Dichte der Photosphäre, ist also sicherlich kleiner.

Der Vergleich beider Beziehungen für R_1 zeigt, daß die rechten Seiten von ganz verschiedener Größenordnung sind. Die Dichte in der Sonnenatmosphäre fällt so ungeheuer rasch mit wachsendem Abstände vom Sonnenmittelpunkt ab, daß merkliche Refraktionswirkungen überhaupt nicht zu erwarten sind. Über diesen schnellen Dichteabfall sagt der Verfasser:

„Das Vorhandensein dieser ungeheuren Verdünnungen wird verständlich, wenn man beachtet, daß in der Erdatmosphäre für die konstante Temperatur $t = 0^\circ$ und $g = \text{const.}$ für Wasserstoff die bolometrische Höhenformel

$$h - h_0 = 266,5 \text{ km } \lg \frac{p_0}{p} = 266,6 \text{ km } \lg \frac{q_0}{q}$$

gilt, wonach die Dichte in 266,5 km Höhe auf $q_0 \cdot 10^{-1}$ abgenommen hat. Da g auf der Sonne 27,2 mal größer ist, ergibt sich auf ihr dieselbe Beziehung für eine Temperatur von $27,2 \cdot 273 = 7400^\circ$. In einer Höhe von 7000 km, entsprechend einem Abstände von nur $1/100$ Sonnenradius, würde also bereits eine Verdünnung auf $q_0 \cdot 10^{-26}$ zu erwarten sein, die für $h = r_0$ auf $q_0 \cdot 10^{-2620}$ steigen würde.“

Auf Grund dieser Untersuchung kann wohl als gesichert gelten, daß die in der Nähe der Sonne auftretende Lichtablenkung von keiner Refraktion in der Sonnenatmosphäre herrühren kann. E. Freundlich.

A. A. Michelson und J. A. Anderson berichten in den Veröffentlichungen der Mount-Wilson-Sternwarte Nr. 184 und 185 über Anwendungen von Interferenzmethoden in der Astronomie. Das Bild eines Fixsternes im Fokus eines Fernrohrobjektivs ist bekanntlich eine Beugungsfigur: ein helles rundes Scheibchen ist, bei ruhiger Luft und gut konstruiertem Objektiv, von einer Anzahl heller Ringe umgeben, deren Intensität rasch abnimmt. Bei 10 cm Öffnung ist der Durchmesser des Scheibchens $2,2$, $0,22$ bei 1 m Öffnung usw. Der Auflösung enger Doppelsterne auch in den größten Fernrohren sind damit bestimmte Grenzen gesetzt, die

in der Praxis heute bei $0,1''$ etwa liegen. Ebenso machen die Beugungserscheinungen ein Bestimmen des Durchmessers von Satelliten, kleinen Planeten, Fixsternen unsicher bzw. unmöglich. Michelson hat nun schon 1890 darauf hingewiesen, daß wir mit Hilfe bestimmter Interferenzerscheinungen weiter kommen können. Werden die vom Objektiv kommenden Strahlen bis auf zwei rechteckige parallele Spalte abgelenkt, so erhält man statt des oben angeführten Beugungsscheibchens eine von Interferenzstreifen durchzogene Figur. Ist D der Abstand der Spalte von Mitte zu Mitte, λ die Wellenlänge der benutzten Lichtquelle, so ist der Abstand zweier heller Streifen in Bogen-

sekunden $\frac{\lambda}{D \sin 1''}$. Ist das beobachtete Objekt ein enger Doppelstern, so überlagern sich die beiden Interferenzbilder. Stellt man die Spalte senkrecht zur Verbindungslinie beider Sterne, so können durch Verändern von D die hellen Streifen des einen Sterns auf die dunklen des anderen fallen, wodurch der Winkelabstand beider Sterne gewonnen wird. Bei einem Stern mit merklichem Durchmesser (bes. auch, wenn die Intensität von der Mitte zum Rande abnimmt) ergeben sich bei Änderung des Spaltabstandes kompliziertere Erscheinungen, die der Kürze wegen nur erwähnt seien¹⁾.

Schon 1890 hatte Michelson mit gutem Erfolge auf diesem Wege am 30-cm-Refraktor der Licksternwarte die Durchmesser der Jupitermonde ermittelt. Nach einigen günstigen Vorversuchen am Yerkesrefraktor (1 m) wurde Anfang 1920 die Methode auf dem Mount Wilson mit dem großen Reflektor (2,5 m Öffnung) erprobt. Capella war schon seit langem als spektroskopischer Doppelstern mit 104 Tagen Umlaufzeit bekannt. Nach den Bahnelementen und der Parallaxe zu schließen müßten die Komponenten $0,05$ Abstand haben. In Greenwich glaubten auch verschiedene Beobachter die Sterne getrennt gesehen zu haben, nicht dagegen die Herren der Licksternwarte unter günstigeren Verhältnissen¹⁾. An 6 verschiedenen Abenden konnte nun Anderson durch die Interferenzmethode Positionswinkel und Distanz sehr sicher messen. Die große Halbachse der Bahnellipse ergab sich zu $0,052\,49$, wobei die einzelnen Werte nur in der letzten Stelle abweichen (Meßgenauigkeit also über $1/100000''$, während der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung bei diesen großen Instrumenten sonst etwa $0,02$ bis $0,04$ betragen mag). — Nach einer neueren Zeitungsmeldung (die Originalarbeit liegt mir noch nicht vor) ist es Michelson neuerdings auch gelungen, den Winkeldurchmesser von α Orionis zu bestimmen; der lineare ist, bei einer Entfernung von 150 Lichtjahren, das 300-fache des Sonnendurchmessers²⁾. — Welche Fortschritte in unseren Kenntnissen diese neue Beobachtungsmethode bringen wird, ist natürlich noch nicht abzusehen, zumal sie nach den Angaben von Michelson sich gut auch auf die schwachen Sterne anwenden läßt. J. Hopmann.

¹⁾ Vgl. A. Michelson, Light waves and their uses, Chicago 1903.

²⁾ Vgl. Goos, der spektroskopische Doppelstern Capella, Dissertation Bonn 1908.

³⁾ In der neuesten Veröffentlichung des Potsdamer Astrophysik. Observatoriums hat J. Wilsing auf Grund von Helligkeits- und Farbmessungen sowie des Planckschen Strahlungssatzes für die Größe desselben Sterns 130 Sonnendurchmesser erhalten.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thiesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 7. (Seite 105—120)

18. Februar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Neuere Untersuchungen auf dem Gebiete der Zellteilungs-Physiologie. Von *Fritz Levy, Berlin-Dahlem*. S. 105.

Besprechungen:

Ostwald, Wo., Grundriß der Kolloidchemie. V. Auflage. Von *R. Zsigmondy, Göttingen*. S. 110.
Fürth, Reinhold, Schwankungsercheinungen in der Physik. Von *H. Reichenbach, Stuttgart*. S. 111.
Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:
Neue Probleme der Geomorphologie. Die Oberflächenformen in den feuchtwarmen Tropen. Reisen in der Mongolei. S. 111.

Über thermodynamische Wärmeerzeugung. Von *Hartmut Kallmann, Berlin-Charlottenburg*. S. 114

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 117-119

Die Natur der Seifenlösungen. Die Ausführung der harmonischen Analyse der Meeresgezeiten. Von der chinesischen Mauer.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. S. 119.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Die Rohstoffe des Pflanzenreiches

Versuch einer technischen Rohstofflehre des Pflanzenreiches

Unter Mitwirkung von

Hofrat Prof. Dr. Max Bamberger in Wien; Prof. Dr. Wilh. Figdor in Wien; Regierungsrat Prof. Dr. T. F. Hanausek † in Wien; Hofrat Prof. Dr. F. R. v. Höhnelt in Wien; Prof. Dr. M. Hönl in Brünn; Prof. Dr. G. van Iterson in Delft; Prof. Dr. F. Krasser in Prag; Hofrat Prof. Dr. F. Lafar in Wien; Prof. Dr. K. Linsbauer in Graz; Hofrat Prof. Dr. K. Mikosch † in Brünn; Hofrat Prof. Dr. J. Moeller in Wien; Hofrat Prof. Dr. H. Molisch in Wien; Prof. J. Weese; Hofrat Prof. Dr. K. Wilhelm in Wien und Hofrat Prof. Dr. S. Zeisel in Wien

von Dr. **Julius von Wiesner** †

o. ö. Prof. der Anatomie und Physiologie der Pflanzen und Direktor des Pflanzenphysiol. Institutes an der Wiener Universität i. R., Wirkl. Mitglied der Kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Korr. bzw. Auswärt. Mitglied der Akad. der Wiss. in Berlin, München, Paris, Rom, Stockholm, Kopenhagen, St. Petersburg und Turin usw.

Dritte, umgearbeitete und erweiterte Auflage
Nach dem Tode J. von Wiesners und T. F. Hanauseks fortgesetzt von **J. Moeller**

Erster Band: Gummiarten. Harze. Die Kautschukgruppe. Opium. Aloe. Kampfer. Indigo. Katechugruppe. Pflanzenfette. Vegetabilisches Wachs.

Mit 98 Fig. im Text. X und 759 Seiten. Gr.-8⁰
Geheftet M. 37.50; in echt Leinengebunden M. 51.—

Zweiter Band: Stärke. Algen. Flechten. Gallen. Rinden. Hölzer.

Mit 169 Fig. im Text. IX und 645 Seiten. Gr.-8⁰
Geheftet M. 49.50; in echt Leinen gebunden M. 63.—

Dritter (Schluß-) Band: Fasern. Unterirdische Pflanzenteile. Blätter und Kräuter. Blüten und Blütenteile. Samen. Früchte. Hefe.

Mit 332 Fig. im Text. VII und 950 Seiten. Gr.-8⁰
Geheftet M. 108.—; in echt Leinengebunden M. 124.—

Anleitung zur mineralogischen Bodenanalyse

insbesondere zur Bestimmung der feineren Bodenminerale unt. Anwendung der neueren petrographischen Untersuchungsmethoden

von Dr. **Franz Steinriede**
Ökonomierat

Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage
Mit 106 Abbildungen. VIII und 240 Seiten. Gr.-8⁰
Geheftet M. 56.—; gebunden M. 60.—

Am 4. Februar 1921 wurde ausgegeben:

Das Pflanzenreich

Regni vegetabilis conspectus

Im Auftrage der Preuß. Akademie der Wissenschaften
herausgegeben von **A. Engler**

Heft 75

IV. 280

Compositae - Hieracium

Sect. I. Glauca — Sect. VII. Vulgata (Anfang)
mit 124 Einzelbildern in 27 Figuren

von **K. H. Zahn**

Umfang: 288 Seiten. Lex.-8⁰

Preis M. 128.—

In vorstehenden Preisen ist der Verleger-Teuerungszuschlag einbegriffen!

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

20 20 35 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

**Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten**

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Schutz gegen die

Grippe

u. andere Ansteckungen von
Mund und Rachen aus (Hals-
entzündung, Diphtherie,
Scharlach usw.) durch
Sauerstoffdesinfektion mittels

Perhydrit- Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen
des Mundes und zum Gurgeln.

**Packungen mit 10, 25
und 50 Stück in den
Apotheken und Drogerien.**

(228 I)

**Verlag von Julius Springer
in Berlin W 9**

Soeben erschien:

Die Wirkungen von Gift- u. Arzneistoffen

Vorlesungen für Chemiker und Pharmazeuten

Von

Professor Dr. med. Ernst Frey
Marburg an der Lahn

Mit 9 Textabbildungen

Preis M. 26.—; geb. M. 33.— (zuschlagfrei)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

18. Februar 1921.

Heft 7.

Neuere Untersuchungen auf dem Gebiete der Zellteilungs-Physiologie¹⁾.

Von Fritz Levy, Berlin-Dahlem.

(Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie.)

Wenn wir uns nicht damit begnügen, die Vorgänge der Zellteilung rein morphologisch zu beschreiben, wenn wir das Geschehen in seinen mannigfachen Bedingtheiten analysieren wollen, müssen wir verschiedene Untersuchungsmethoden heranziehen, die an der lebenden Zelle die „Eigenschaften und Erscheinungen“ (Johannes Müller) erkennen lassen, aus denen wir die Gesetze, nach denen sie wirken, durch einen Denkkakt ableiten. Die chemischen und physikalischen Arbeitsmethoden geben uns, vereint mit den morphologischen, mancherlei Aufschlüsse über die Physiologie der Zelle, aus der hier ein Abschnitt, die Physiologie der Zellteilung, auf Grund fremder und eigener Arbeiten der letzten Jahre besprochen werden soll.

Die Zelle ist ein in weitem Maße autonomes Gebilde. Den höchsten Grad von Autonomie erreichen Zellen als einzellige Lebewesen. Je enger die Zellen zu Geweben verbunden sind, die Gewebe zu Organen, die Organe zu Metazoen oder Metaphyten, um so mannigfaltiger werden die Abhängigkeiten; die Zelle wird ein dienendes Glied eines Ganzen. Eine Sonderstellung nehmen die Keimzellen der mehrzelligen Pflanzen und Tiere ein. Während ihrer Entwicklung haben sie enge Beziehungen der Ernährung und anderer gegenseitiger Beeinflussung mit ihren Gewebs- und Organnachbarn, ja mit dem Gesamtorganismus. Die vollausgebildete Keimzelle aber hat diese Beziehungen weitgehend gelöst. Sie hat einen Grad von Autonomie erworben, der zwischen der Autonomie der Protistenzelle und der der Somazelle der Mehrzelligen steht. Innerhalb der autonomen Zelle stellen Kern und Plasma Gebiete von einer etwas enger begrenzten Autonomie dar. Selbstverwaltungsgebiete, die ihrerseits in vielfach verschlungenen, lebenswichtigen Beziehungen zueinander stehen.

Im Anfang der Zellforschung nahm man an, daß die cellula, das homogene Kästchen, wie ein Kristall aus der Mutterlauge auskristallisiere. Heute ist der Virchowsche Satz Allgemeingut: Omnis cellula e cellula, die Tatsache, daß die Zellvermehrung nur auf dem Wege der Zellteilung vor sich gehe. Die Lehrbücher beschreiben

zwei Arten von Kern- und Zellteilung: 1. die indirekte oder mitotische, 2. die direkte oder amitotische, zwischen denen einige Autoren Übergänge annehmen.

Die physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe — ich erinnere an das glänzende Werk von Höber — hat uns mancherlei wertvolle Aufschlüsse gegeben und verspricht noch erheblich viel mehr. Mit einiger Vorsicht müssen wir aber heute noch den Versuchen gegenüberstehen, mit kolloidchemischen Schlagworten Erklärungen für komplexe und noch wenig analysierte Vorgänge zu geben. Meist sind diese Erklärungen zu schön und einfach, um wahr zu sein.

Nach Bütschli, Rhumbler und anderen soll die lebende Substanz, die sie Protoplasma nennen (manche Autoren nennen so nur das Zytoplasma), einen Spumoidbau besitzen. Es wird angenommen, daß zwei ineinander unlösliche Flüssigkeiten gemischt sind, von denen die zähere als „flüssig“ innerhalb der weniger zähen, natürlich erst recht flüssigen, verteilt zu denken ist. „Wenn man z. B. in einer Gummiarabikumlösung durch Anblasen mit einem Lötrohr oder spitzen Glasrohr Wirbel erzeugt und dem Gummi in allmählich steigendem Grade Öl zureibt, so wirbelt die entstandene Emulsion nur so lange unter dem Aufblasestrahl, bis die emulsierten Öltröpfchen so dicht eingelagert sind, daß sie aneinanderstoßen und sich mehr oder weniger gegenseitig abplatten, d. h. wenn das Gemenge nunmehr von einer einfachen Emulsion zu einer emulsoiden „Schaummischung“ geworden ist, einem „Spumoid“ (Rhumbler). Die Spumoidtheorie ist wertvoll als Arbeitshypothese. Schaumstrukturen sind auch hin und wieder nachzuweisen. Ob sie aber allgemein für die lebende Substanz anzunehmen ist, erscheint aus verschiedenen Gründen fraglich. Es dürfte angebracht sein, sich mit Tschermack „zunächst zu begnügen mit der Vorstellung einer allgemeinen Heterogenität des vitalen Systems, welche letztere nach Ort, Zeit, Individuum recht verschiedene Formen aufweisen kann“. Diese Betrachtungen gelten in gleicher Weise für die Substanz des Zellkerns und des Zellplasmas.

Wenn wir eine lebende Zelle untersuchen, die einigermaßen durchsichtig ist, finden wir 1. eine mehr oder minder deutliche Grenzfläche (Zellmembran), 2. das Plasma, in dem verschiedenartige Einlagerungen erkennbar sein können, und 3. durch eine Grenzschicht, die sogen. Kernmembran, abgesetzt vom Plasma, den Kern, in dem

¹⁾ Vortrag, gehalten in der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin am 22. Oktober 1920.

nur selten Strukturen sichtbar werden. Auch die Anwendung des polarisierten Lichtes verschafft uns keine tieferen Einblicke. Etwas mehr leisten die ultramikroskopischen, die sogen. Dunkelfeldmethoden. Bei günstigen Objekten finden wir, daß das Plasma als ein weißlicher Schleier erscheint, dem runde, helleuchtende oder verschieden gefärbte Punkte aufgelagert sind, die z. T. lebhafte Brownsche Bewegung zeigen, solange die Zelle lebt. Aus der Geschwindigkeit und Schwingungsamplitude der Teilchen können wir Schlüsse auf die Viskosität des Plasmas ziehen. Im lebenden Kern sind nur selten Strukturen erkennbar. Bei Anwendung der sogen. Vitalfarbstoffe, wie Neutralrot, Methylenblau med. puriss. usw. nimmt nur das Plasma Farbe an. Erst in einer absterbenden Zelle färbt sich auch der Kern. Als wichtige Ausnahmen sind die Befunde von *Heidenhain* und *Jolly* anzuführen, die in lebenden Zellen von Triton Chromosome beobachteten, und von *Bělař*, der in lebenden Thecamöben Chromatinfäden während der Zellteilung sah. Auch in pflanzlichen Zellen, z. B. in den Staubfäden von *Tradescantia virginica*, sind Chromosome in der lebenden Zelle zu sehen.

Nach *della Valle* u. a. ist der Zellkern ein homogener Tropfen, der im flüssigen Plasma suspendiert ist. Kern und Plasma sollen sich verhalten wie die beiden nebeneinander bestehenden Phasen zweier teilweise ineinander löslicher Flüssigkeiten, etwa ein System vom Typus Wasser-Alkohol-Phenol. Das gelegentliche Sichtbarwerden von feinen Körnern oder Fäden im Kern wird zugegeben. Der Kern soll den Anblick eines nicht überall gleichmäßig homogenen Gels darbieten. Der „homogene“ Kern spielt aber eine große Rolle in den Deduktionen *della Valle*s über die Chromosome. Was sagt uns denn diese „Homogenität“? Etwa das Fehlen von Strukturen? Keineswegs. Mögen wir im Hellfeld oder im Dunkelfeld oder im polarisierten Licht untersuchen. Innerhalb der Auflösungsfähigkeit unserer Optik können wir Strukturen stets nur dort erkennen, wo zwei Medien mit erheblichen Brechungsunterschieden aneinanderstoßen. Deswegen erscheinen, wie *Wo. Ostwald* zeigte, Emulsioide als gleichmäßig getrübt im Ultramikroskop und lassen nicht disperse Phase und Dispersionsmittel optisch unterscheiden. Die Erythrocyten der Säugetiere sind im Dunkelfeld als Lichtringe erkennbar, der Inhalt erscheint homogen. Und doch wissen wir aus den Untersuchungen *Warburgs*, welchen Einfluß ihre Struktur auf den Oxydationsvorgang hat. Beweist nun die scheinbare Homogenität nicht das Fehlen der Struktur aus den angeführten Gründen, so müssen wir uns auch hüten, Strukturen anzunehmen, die vielleicht auch nur durch die optischen Verhältnisse vorgetäuscht werden. Dies ist in Betracht zu ziehen bei der Frage nach der Realität einer Kernmembran. Es scheint sich in einigen Fäl-

len, z. B. bei Radiolarien, um die reversible Bildung einer Verdichtungszone, einer Gel-, vielleicht einer Haptogenmembran zu handeln. Eine eingehende Erörterung des Problems der Kernmembran und des verwandten der Plasmahaut der Zelloberfläche würde den Rahmen dieses Vortrages weit übersteigen. Auf der Höhe des Kernteilungsvorganges „verschwindet“ die Kernmembran. An die Spindel treten die vorher innerhalb des Kerns als Knäuel sichtbar werdenden Chromosome. *Della Valle* bestreitet die absolut konstante Zahl und die Individualität der Chromosome, die „aus dem homogenen Kern durch Entmischungsprozesse sich als »kolloide Kristalle« bilden“. Die meist konstante Zahl der Chromosome erscheint ihm leicht verständlich, „da unter gleichen Bedingungen die Anzahl der Kristalle, die man in einem bestimmten Volumen einer bestimmten Lösung erhält, immer dieselbe ist, und daß ferner auch diese Zahl direkt proportional dem Volumen der verwendeten Lösung ist“. Unter ideal gleichen Bedingungen müßten Lösung und Kristallisation nach diesem Modus verlaufen, wenn die Kristalle untereinander nach Zusammensetzung und Volumen völlig gleich wären. Da aber die Chromosome untereinander durchaus nicht gleich sind, und wo sie nicht gleich sind, ihre Größen- und Formunterschiede gesetzmäßig sind und häufig weit außerhalb der Fehlergrenzen der Beobachtung liegen, so ist die soeben wiedergegebene Erklärung unzutreffend. Dazu kommt, daß wir annehmen müssen, daß die Chromosome auch stofflich voneinander verschieden sind. Wir haben zwingende Gründe für die Annahme der Kontinuität und Individualität der Chromosome. Meiner Auffassung nach wird mit dem Begriff „Entmischungsprozeß“ teilweise recht unvorsichtig umgegangen. So von *Spek*, wenn er sagt: „Viel wichtiger wäre es für den Entwicklungsmechaniker, nun systematisch zu versuchen, etwa durch eine bestimmte Abänderung der Oberflächenspannung (z. B. durch den Zusatz oberflächenaktiver Stoffe), eine bestimmte im voraus erwartete (berechnete) Zahl und Größe der Chromosome zu erhalten. Hierzu fordert die Entmischungstheorie doch zugleich auf!“ Die Abweichungen in der Chromosomenzahl lassen sich in ihrer Entstehung morphologisch verfolgen und mit mehr Wahrscheinlichkeit anders erklären, wie weiter unten ausgeführt werden wird. *Spek* hat in einer anderen wertvollen Arbeit an der Hand von Modellversuchen festzustellen gesucht, welchen Anteil die Herabsetzung der Grenzflächen-spannung an der Zellteilung hat. An Eiern kleiner Nematoden hat er bei der Furchung Strömungen beobachtet, die denen seiner Modellversuche entsprechen.

Über die Vorgänge, die bei der Zellteilung sich an verschiedenen Strukturelementen abspielen, und ihre gegenseitige Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit können Schlüsse gezogen werden

aus Untersuchungen über Zellteilungsanomalien, die *Kühn* an der Amöbe *Vahlkampfia bistadialis* und *F. Levy* an verschiedenen Metazoenzellen angestellt haben. Die typische Zelle hat einen Kern; zweikernige, heteromorphe Zellen sind in vielerlei Gewebe, in der Leber, im Harnblasen-epithel, in der Descemetischen Membran der Cornea usw. schon lange bekannt. Auch mehrkernige Zellen werden beobachtet, z. B. im Knochenmark, Langhanssche Riesenzelle im Tuberkel usw. Man erklärte sie in durchaus zutreffender Weise entstanden bisweilen aus Zellverschmelzungen, meist aber dadurch, daß auf Kernteilungen eine Zytoplasmateilung nicht folgte. Der letztere Vorgang tritt mehr oder minder häufig in jedem tierischen Gewebe auf. Er ist auch bei Pflanzen bekannt (*Nemec, Schürhoff, Bayley*). Wir entnehmen daraus, daß eine gewisse Unabhängigkeit zwischen Kern- und Zellteilung besteht und daß die Kernteilung das *Vorgeordnete* ist.

Es ist recht wahrscheinlich, daß die Zellplasmadurchschnürung erfolgt infolge einer allgemeinen Herabsetzung, aber örtlichen Erhöhung der Grenzflächenspannung im Äquator, wie *Spek* nach Modellversuchen annimmt. In seltenen Fällen, die von *Boveri* zuerst beschrieben wurden, kann bei Eiern infolge von Behinderung der Kernteilung (Monaster) auch ein kernloser Plasmalappen abgeschnürt werden. Bei *Limax*-Amöben sind, wie mir Herr Professor *Hartmann* mitteilte, ähnliche Vorgänge beobachtet. *Haberlandt* hat nach Plasmolyse in pflanzlichen Zellen Wanderung der Kerne wie vor einer Kernteilung, Durchschnürung der sogen. Protoplasten, Bildung von Plasmaplatten und Zellulosemembranen gesehen. Es ist eine Definitionsfrage, ob man hier von einer modifizierten Zellteilung sprechen darf, da der Kern nicht geteilt wurde und eine Zellulosekammer mit einem kernlosen Plasmastück m. E. nicht die Bezeichnung Zelle beanspruchen kann. Für die Analyse der Plasmavorgänge, die zu einer Kern- und Zellteilung erforderlich sind, wichtige Untersuchungen haben die amerikanischen Biologen *Chambers* und *Heilbrunn* angestellt, die mit Eiern von *Cerebratulus*, *Arbacia* und *Asterias* arbeiteten. Sie fanden, daß das Eiplasma bis zur Ausbildung der Spindelfigur starrer und dann allmählich wieder flüssiger wird. Die Viskositätsschwankungen werden mit Wassereintritt und -austritt erklärt. Bei Behandlung der Eier mit hypertonen Lösungen wird die Gelatinierung bedeutend verstärkt. Übersteigt die Konzentration der hypertonen Lösungen eine gewisse Grenze, so kann noch Kernteilung stattfinden, aber die Plasmateilung unterbleibt. Die Plasmateilung ist also determiniert durch eine vorhergehende Solvatisierung. Auch Cyankalium und Chloreton sind bei geeigneter Konzentration imstande, bei durchgeführter Kernteilung die Zytoplasmateilung zu hemmen, wie ja schon aus den Arbeiten von *Warburg* länger bekannt ist. Nach Unter-

suchungen von *Lillie* steigt nach stattgefundener Befruchtung oder künstlicher Entwicklungserregung die Permeabilität der Seeigeleier für Wasser. Über eigene Erfahrungen in größerem Umfange verfüge ich bei Froscheiern. Wenn ein solches nach Befruchtung oder künstlicher Entwicklungserregung in Teich- oder Leitungswasser gebracht wird, quillt die Gallerte durch Wasseraufnahme auf. Zwischen Gallerte und Ei tritt vor Eintritt der Furchung, also nach dem eben Berichteten während der Erstarrung des Plasmas Flüssigkeit im sogen. perivitellinen Raum auf. Diese ist isotonisch mit dem Ei, wie unsere Anstichversuche ergaben. Nach der Methode von *Bataillon* haben wir zur Hervorrufung parthenogenetischer Entwicklung Froscheier mit 20 μ dicken Platiniridiumdrähten angestochen. Der Dotter des Eies gerinnt in Wasser, aber nicht in isotonischen Lösungen, wie *Spemann* bei seinen Transplantationsversuchen mit Eiern angibt. Stechen wir also ein Ei an, bevor es ins Wasser kommt, so quillt im Wasser die Gallerte und in den Stichkanal dringen Eimassen ein. Das Ei haftet an der Berührungsstelle mit der Gallerte. In ihr bildet sich ein Sack wie bei der Bildung eines Hämatoms, der Dotter gerinnt oberflächlich, wo er die Gallerte berührt. Der innere Druck des sich entwickelnden Eies preßt immer neue Massen in das Extraov. Schüttelt man das Ei, so reißt der Dotterstiel ab, und aus der offenbleibenden Eiwunde werden nicht gerinnende Dotterkugeln abgestoßen, die erst nach längerer Zeit zersetzt werden. Wahrscheinlich erfolgte also, nachdem die Plasmahaut infolge der Entwicklungserregung durchgängig geworden war, nicht nur Austritt von Wasser, sondern auch von Salzen. Wir dürfen nicht vergessen, welche lebhaften chemischen Vorgänge sich zu dieser Zeit in der Zelle abspielen. Zeigte doch z. B. *Warburg*, daß der Sauerstoffverbrauch der Seeigeleier nach der Befruchtung oder künstlichen Entwicklungserregung auf das 6fache gesteigert wird.

Einer Erklärung bedarf es noch, warum oberflächenaktive Stoffe, wie Äther, Chloroform, Paraldehyd, Propylalkohol, Isoamylalkohol, Äthyl-nitrat, Chloralhydrat usw. sowie Kälte die Gelatinierung des Plasmas verhindern. Bekanntlich wirken diese Stoffe in höheren Konzentrationen und längerer Einwirkungszeit als Zytolytica, bei bestimmten niederen Konzentrationen und Einwirkungszeiten aber teilungsanregend. Die Wirkung dürfte z. T. einer Permeabilitätssteigerung zuzuschreiben sein. Bei der Wirkung der hypertonen Lösungen werden fühlbare Unterschiede erkennbar, bei verschiedener Konzentration der OH-Ionen und Schwankungen im relativen Gehalt an verschiedenen $+$ -Ionen. *Baldwin* stellte bei Eiern von *Arbacia*, die in Teilung begriffen sind, ein Schwanken der Widerstandsfähigkeit gegen lipoidlösliche Stoffe, insbesondere höhere Alkohole, fest. In der Phase, in der nach *Cham-*

bers und Heilbrunn das Plasma flüssiger wird, ist die Widerstandsfähigkeit am größten, in der Zeit 10 bis 15 Minuten nach der Befruchtung bis vor dem Eintritt der Teilung am niedrigsten. Der Grad und, wie ich aus noch zu erörternden Gründen vermute, der Zeitpunkt der absinkenden Gelatinierung bzw. steigenden Solvatisierung der Plasmagallerte (zu erwägen bleibt hier, ob nicht auch Vorgänge möglich wären, die man als Peptisation auffassen könnte) determiniert also die Cytoplasmateilung bzw. ihr Unterbleiben. Die Spindelbildung ist an die Gelatinierung gebunden.

Die Spindelfigur kann in verschiedener Weise gebildet werden, je nach der Zahl und Lagerung der Pole. In früheren Arbeiten nahm ich an, daß trizentrische Mitosen nur entstehen, wenn vor der Teilung eines bivalenten Kerns nur ein Zentrosom geteilt wurde, das andere nicht. Meine neuen Untersuchungen an parthenogenetisch entstandenen Froschlarchen haben ergeben, daß auch univalente Kerne infolge von vorzeitiger Centrosomenvermehrung durch dreipolige Mitosen geteilt werden können, wie die $\frac{2}{3}n$ -wertigen Kerne (8—10 Chromosome) beweisen. Wir haben in jedem Versuch eine Anzahl simultan 3-geteilter Eier gefunden. Die Befunde sind durch eine wenige Tage nach meiner erschienenen Arbeit von *Hovasse* bestätigt. Bei *Vahlkampfia bistadialis* hat *Kühn* entsprechende Verhältnisse gefunden. Der Kern besteht dort aus einer Kernrandschicht, dem „Außenkern“ und dem „Binnenkörper“ oder Caryosom. Aus dem Außenkern gehen die Chromatinfäden hervor. Der Binnenkörper streckt sich normalerweise in die Länge, seine Masse bilden die Spindel und die Polkappen. Da der Teilungsmechanismus verschieden ist, bilden sich bei den *Limax*-Arten an Stelle der bei Metazoen beobachteten Triaster-, Tetra- und Tetraedermitosen usw. eigentümliche Spindelformen, die *Kühn* Zweistrahler, Dreistrahler, Dreiecke, Vierstrahler, Rhomben usw. nennt. Die Form der Spindel und damit des Kernteilungsverlaufes wird also wesentlich determiniert durch die Centrenteilung, deren Verlauf ihrerseits durch Plasmaverhältnisse bestimmt wird. *Conclin* und *Kühn* haben durch Druck Polvermehrungen hervorgerufen.

Im Kern werden bei dem Eintritt in die Spindel — wie weit an dem achromatischen Apparat Kernstoffe wie Linin beteiligt sind, bleibe hier unerörtert — soviel Chromosome erkennbar, wie bei der Teilung, aus der der Kern hervorging, in ihn eingegangen sind. In der Prophase, spätestens in der Metaphase, tritt eine Spaltung in den Chromosomen auf, die bei Metazoenchromosomen als Längsspaltung, bei Protozoenchromosomen (Chromatinfäden) als Querspaltung beschrieben wird. Es entsteht, wie ich in meiner 1915 erschienenen Arbeit aussprach: *Omne chromosoma e chromosomate*. In der Regel stehen also doppelt so viel Chromosome bei der Teilung

zur Verfügung, als der Anfangszahl entsprach. Wird sie regelrecht bipolar durchgeführt, so erhält jede Tochterzelle wieder dieselbe Zahl. Da nun aber die Chromosome untereinander nach Form und Größe verschieden sind — was freilich nicht bei allen Tier- und Pflanzenarten gleich gut erkennbar ist —, sind sie nicht nur in derselben Anzahl vorhanden, sondern auch in den entsprechenden Formen und Größen. In allen normalen somatischen Zellen können wir Paare von Chromosomen feststellen. Man hat guten Grund, anzunehmen, daß je eines dieser homologen Chromosome von einem Elter des Individuums abstammt. Z. B. zeigte dies jüngst *Harman*, die Material von *Narbour* zytologisch untersuchte. Dieser hatte 2 Rassen einer Heuschrecke *Paratettix* gefunden, bei denen je 14 Farbmuster auf Pronotum und Springbeinen gekoppelt auftraten. Er bezeichnete die Rassen als BB und CC. *Harman* fand nun, daß das der Größe nach dritte Chromosomenpaar bei BB eiförmig und ein wenig zugespitzt war, bei CC einen deutlichen Haken aufwies. In Spermatogonien der Bastarde BC fand sich ein zugespitztes B-Chromosom und ein hakentragendes C-Chromosom. Es finden sich also zwei Garnituren von n Chromosomen, nur die normalen reifen Keimzellen — die Reifung ist an die Reduktionsvorgänge gebunden — haben nur eine Garnitur von n Chromosomen. Nach *Strasburger* nennen wir Kerne bzw. Zellen mit n Chromosomen, also einer Garnitur, *haploid*, mit $2n$ Chromosomen, also zwei Garnituren, *diploid*. Kerne und Zellen mit dem ihnen normalerweise zukommenden Chromosomenbestand habe ich *orthoploid* genannt. Solche mit abweichenden Beständen werden nach *Winkler* allgemein *heteroploid*, im einzelnen *triploid*, *tetraploid* bis *polyploid* genannt. Für geringfügige Abweichungen hat *Winkler* die Bezeichnungen mit den Vorsilben *hyper-* und *hypo-* vorgeschlagen, z. B. *hypodiploid*. Unsere Untersuchungen haben uns vielfach ganz bunte Chromosomenbestände kennen gelehrt, die nicht zu dem Ein- oder Vielfachen der Chromosomengarnitur in Beziehung gesetzt werden können, für diese Sonderfälle der Heteroploidie habe ich die Bezeichnung: *poikiloploid* vorgeschlagen.

In der Regel werden, wie schon einmal oben ausgeführt wurde, auf der Höhe der Kernteilung zweimal soviel Chromosome sichtbar, wie in den Kern eingegangen sind. Daß diese Zahl überschritten wird, etwa ein Chromosom zweimal längs geteilt wird, ist bisher noch nicht bekannt. Dagegen kommt es gelegentlich vor, daß die Spaltung eines Chromosomes unterbleibt oder daß die Trennung der Tochterchromosome nach der Spaltung unvollständig ist. Es entsteht dann statt zwei univalenten Chromosomen ein bivalentes. Dieser Vorgang ist ein Sonderfall des sogen. Hängenbleibens. Andere Störungen bei der Spaltung sind wahrscheinlich, aber schwer mit Sicherheit nachzuweisen. Bezeichnen wir

die Anfangszahl der Chromosome mit a und vernachlässigen wir zunächst die Spaltungsanomalien, so stehen also auf der Höhe der Teilung $2a$ zur Verteilung. Die Zahl der entstandenen Centrosome einerseits, noch nicht näher zu bestimmende Verhältnisse im Plasma andererseits bestimmen, auf wieviel Kerne diese $2a$ Chromosome verteilt werden. In manchen Zellen bildet zunächst jedes Chromosom ein Kernehen für sich und alle diese sogen. Karyomeriten, die an einem Pol entstanden sind, verschmelzen in der Regel zu einem Kern. Es kommen aber auch Ausnahmen vor. Kerne, die aus einem oder mehreren Chromosomen bestehen, können dauernd selbstständig bleiben, oder es können auf jeder Spindel, die zu einem Pole führt, je 2 Kerne gebildet werden, wonach dann an jedem Pole die Einzelkerne verschmelzen oder mehr oder minder selbstständig bleiben. Da schließlich noch die Chromosome sich verschieden schnell zu den Polen bewegen, so kommt noch eine zweite Form des Hängenbleibens vor, daß nämlich ein Tochterchromosom nicht mehr den Anschluß an die ihm entsprechenden erreicht und dann in denselben Kern wie sein Geschwisterchromosom gelangt. Dann hat der eine Kern $a+1$, der andere $a-1$ Chromosome usw. Dies spielt eine große Rolle bei der Entstehung von Geschlechtsmosaiks (*Morgan*), verschiedenwertiger Keimzellen (*F. Levy*) usw.

Unterbleibt nach stattgefundener Kernteilung die Cytoplasmateilung, so verschmelzen die Kerne in der Mehrzahl der Fälle zu mehrwertigen Kernen, um dann durch vielpolige Mitose entsprechend der stattgefundenen Centrosomenvermehrung geteilt zu werden. Es können aber auch zahlreiche Kerne zu einem vielpoligen Spindelapparat in Beziehung treten. Die Kernverschmelzungen habe ich in lebenden Archispermato gonien vom Frosch in Deckglaskulturen untersucht. Ich habe den Eindruck gewonnen, daß das Plasma zu dieser Zeit eine geringe Viskosität hat und möchte daher die Vermutung aussprechen, daß die Cytoplasmateilung unterbleibt und Kernverschmelzung stattfindet, wenn die Plasmaverflüssigung nicht mit der Kernteilung Schritt gehalten hat, sondern verspätet erfolgt. Es müssen, abgesehen von Asymmetrien, Hängenbleiben usw., stets poikiloploide Kerne entstehen, wenn die Zahl der Pole und die doppelte der Wertigkeit des Kerns sich nicht entsprechen.

Das Spiel Kernteilung — Verschmelzung — Teilung kann sich mehrfach wiederholen, wie ich bei der Entwicklung der Knochenmarksriesen zelle, der Sternbergschen Riesenzelle bei der Lymphogranulomatose und der sogen. Ureier im Froschhoden, mehrwertigen Archispermato gonien, nachgewiesen habe. Ähnliche Vorgänge beschreibt auch *Bělař* bei Chamydophrys. Wenn dort bei einer Zellteilung die Tochterindividuen durch eine schmale Plasmabrücke verbunden geblieben sind, fließen sie wieder ineinander, und

ihre Kerne verschmelzen zu mehrwertigen Kernen. Die Bilder von Kernverschmelzungen können, da Kernverschmelzung und -zerschnürung reziproke Vorgänge sind, an fixierten und gefärbten Präparaten nicht unterschieden werden von denen der sogen. amitotischen Kernteilungen. Deshalb sind diese gerade für das von mir eingehend untersuchte Objekt, die Archispermato gonien, von einer Reihe von Autoren behauptet worden; wir konnten aber lückenlos zeigen, daß es sich nur um Verschmelzungen handeln kann, denen mehrpolige Teilungen folgen. Am ungefärbten Präparat können Amitosen ferner vorgetäuscht werden durch Störungen der Mitose. An gefärbten Präparaten können wir im Übereinstimmung mit *Häcker* nachweisen, daß solche Bilder, „Pseudo-amitosen“, entstehen beim Hängenbleiben oder Nachhinken von Chromosomen. Ich glaube, daß *Boveri* das Richtige trifft, wenn er sagt, die Amitose werde stets von neuem beschrieben, weil jeder Autor meint, seine Vorgänger hätten sie bereits mit annehmbarer Sicherheit nachgewiesen. Von amitotischer Zellteilung ist noch kein Fall einwandfrei beschrieben. Was die Kernteilung betrifft, so kommt hier noch etwas anderes in Betracht, die Kernfragmentierung, bei der sich ein nicht mehr teilungsfähiger Kern, wie z. B. im Leukozyten, in untereinander verbundenbleibende Läppchen zerschnürt. Dieser Vorgang dürfte seine Erklärung darin finden, daß die stattfindende Grenzflächenvergrößerung für bestimmte physiologische Vorgänge eine größere Reaktionsfähigkeit gewährleistet.

Die Zellteilung ist wie die meisten vitalen Vorgänge ein Komplex von Geschehen, die nebeneinander herlaufen und außerdem ineinandergreifen und einander determinieren. Zellen, die sich teilen, leben stets in Medien, die mindestens Elektrolyte in dissoziierter Form enthalten. Wir müssen den Anteil dieser Umgebung ebenfalls berücksichtigen. Die Umgebung stellt die realisierenden Faktoren, die die in der Zellstruktur determinierten Vorgänge einmal in Gang bringen, auslösen, ein andermal verlangsamen oder verhindern. Verschiedene Änderungen des umgebenden Mediums können die Zellteilungsvorgänge gleichsinnig beeinflussen. *Haberlandt* nimmt spezifische Zellteilungsstoffe an, die Teilung auslösen, und bezeichnet sie als Hormone. *Lamprecht* wies nach, daß diese nicht arteigen, aber nur bei nahestehenden Pflanzen wirksam sind. Es ist wahrscheinlich, daß verschiedene Zellen auf verschiedene Reize verschieden reagieren.

Ein ähnliches Verhältnis, wenn auch noch viel enger wie das Plasma zur Umwelt der Zelle, hat der Kern zum Plasma. Seine Wachstumsvorgänge sind an Stoffaustausch mit dem Plasma gebunden. Die Vorgänge erschöpfen sich nicht in Wasserabgabe und -aufnahme zwischen der Zelle und ihrer Umgebung oder Plasma und

Kern. Diese sind auch nicht zwei homogene Tropfen zweier teilweise ineinander löslicher Flüssigkeiten, die ineinander suspendiert sind. Die Geschehen sind vielmehr gebunden an typische Strukturen im Kern und im Plasma, Komplexe, die wohl in der Hauptsache aus Kolloiden von wechselnder Viskosität bestehen. An jedem dieser Strukturteile spielen sich chemische und physikalisch-chemische Vorgänge ab, die mehrfach determiniert sind und sich gegenseitig mehr oder minder beeinflussen.

Im Plasma sahen wir die Kurve der Viskositätsänderungen im Verlauf der Zellteilung. Unbekannt sind die Faktoren, die die Centrosomenteilung, die Polzahl, bestimmt. Im Kern spalten sich die Chromosome längs und verdoppeln sich also. Ob sie aber verteilt werden und auf wieviel Kerne bestimmt die Zahl der entstehenden Spindelpole und die Viskosität des Plasmas. Findet keine Centrosomenteilung statt beim sogen. Monaster, wird die Chromosomenzahl verdoppelt ohne Kernteilung. Ist beim nächsten Teilungsschritt eine Zweiteilung der Centrosome erfolgt, so wird der bivalente Kern durch eine bipolare Riesenmitose geteilt (*Kostanecki*). Wir können beobachten, daß die Spindellänge mit der Chromosomenzahl wächst. In seltenen Fällen folgen sich mehrere monozentrische Mitosen und schließlich wird der polyploide Kern durch bipolare Riesenmitosen geteilt. Auch Fälle von rapider Centrosomenvermehrung treten gelegentlich auf. Bei gewissen Protozoen laufen Chromatinvermehrung und Centrenvermehrung parallel, bis plötzlich der polyenergide Kern in zahlreiche Einzelkerne geteilt wird. Chromosomen- und Centrosomenvermehrung sind also unabhängig voneinander, aber die Art der Chromosomenverteilung wird determiniert durch die vorangegangene Centrosomenteilung. Dazu kommen mannigfaltige Störungen, wie Hängenbleiben usw.

Zwei Gruppen von Vorgängen sind im Zellleben zu unterscheiden, wenn wir die Physiologie der Zellteilung betrachten. *Jollos* hat diese Komplexe als Wachstumsfaktor und Teilungsfaktor bezeichnet. Die Zelle muß bis zu einem bestimmten Punkt entwickelt sein, ehe sie teilungsfähig ist. Bei der Entstehung polyploider Zellen spielen sich diese Vorgänge periodisch wiederkehrend ab. Die Auslösung der Zellteilungsfaktoren, der Plasmagelation, der Chromosomen- und Centrosomenvermehrung kann endogen oder exogen sein. Eine Veränderung in den Bedingungen der Zellumgebung, des Gesamtorganismus kann den Teilungsrhythmus beschleunigen oder verlangsamen in der ganzen Zelle oder einigen ihrer Organelle. Die weiteren Forschungen auf diesem Gebiet versprechen wichtige Einblicke nach mancher Richtung, von denen ich nur die Entstehung abweichender Gewebe, das Problem der Tumoren, und abweichender Tier- und Pflanzenformen, der Mutationen, erwähnen

möchte. Diese Forschungen müssen in gleicher Weise die normale wie die pathologische Morphologie und Physiologie der Zelle berücksichtigen.

Literatur.

(Ausführlichere Angaben finden sich in einer demnächst im Archiv f. Entwicklungsmechanik erscheinenden Arbeit.)

1. *Bélař*, Arch. f. Protistenkunde Bd. 42, 1920.
2. *Boveri* a) Zellenstudien 6, Jena 1907.
b) Zur Frage der Entstehung maligner Tumoren, Jena 1914.
3. *Chambers*, Journ. of gen. Physiol. Bd. 2, 1918.
4. *Della Valle*, Kolloidzeitschr. Bd. 12, 1913.
5. *Ewald*, Frankfurter Zeitschr. f. Pathologie Bd. 23, 1920.
6. *Haberlandt*, Sitzungsber. d. Berliner Akad. d. Wiss., 1913 XVI, 1914 XLVI, 1919 XX, XXXIX, 1920 XI.
7. *Häcker*, Anatom. Anz. Bd. XVII, 1900.
8. *Harman*, Biol. Bulletin of the marin labor. Bd. 38, 1920.
9. *Heilbrunn*, Journ. of exp. Zool. Bd. 30, 1920.
10. *Hovasse*, Cpt. rend. d. séances de l'acad. d. scienc. Bd. 170, 1920.
11. *Jolly*, Arch. de l'anatom. microscop. Bd. 6, 1903 bis 1904.
12. *Jollos*, Biolog. Zentralbl. Bd. 33, 1913.
13. *Kühn*, Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. XLVI, 1920.
14. *Levy*, F., a) Arch. f. mikr. Anat. Bd. 82, 1913; b) ebenda, Bd. 86, 1915; c) Biolog. Centralbl. Bd. 40, 1920; d) Sitzungsber. d. Berl. Akademie der Wissenschaft, 1920, XXIV.
15. *Lamprecht*, Beiträge zur allgem. Botanik I, 1920.
16. *Lillie*, Americ. Journ. of Physiol. Bd. 45, 1918.
17. *Morgan*, The Origin of Gyandromorphs, Carnegie-Institut. 1918.
18. *Spek*, a) Arch. f. Entw.-Mechanik Bd. 39, 1919; b) ebenda, Bd. 41, 1920.
19. *Rumbler*, Ergebnisse der Physiologie Bd. 14, 1914.
20. *Tschermack*, Allgemeine Physiologie Bd. 1, Berlin 1916.
21. *Warburg*, Hoppe Seylers Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 57, 60, 66.

Besprechungen.

Ostwald, Wo., Grundriß der Kolloidchemie. V. Auflage (unveränderter Abdruck der IV. Aufl.), 1. Hälfte. Dresden u. Leipzig, Theodor Steinkopff, 1919. VI, 330 S. Preis M. 17,60.

Daß die vierte Auflage des bekannten Buches bereits vergriffen ist und eine neue erforderlich wurde, ist nicht bloß seinem billigen Preise, sondern wohl in erster Linie der gewandten Darstellung und dem idenreichen Inhalt zuzuschreiben.

Was *Wo. Ostwald* in seinem Grundriß angestrebt hat, ersieht man am besten aus der von ihm gegebenen Definition des Begriffes Kolloidchemie auf Seite 139: „Die Kolloidchemie ist dementsprechend auch nicht die Lehre von den kolloiden Stoffen, sondern vielmehr die Lehre von dem kolloiden Zustande der Stoffe.“ Mit dieser Definition wird demnach der bisherige Begriff Kolloidchemie auf einen kleinen Teil der Lehre von den Kolloiden, nämlich auf das Gebiet eingeschränkt, das Referent als Zustandslehre bezeichnen würde. Diese Zustandslehre wird aber weniger induktiv, d. h. durch eingehendes experimentelles Studium der kolloiden Systeme selbst zu begründen versucht, als vielmehr auf deduktivem Wege, ausgehend von der bekannten

Einteilung der dispersen Systeme nach dem Aggregatzustand des Dispersionsmittels und der dispersen Phasen. So sehr der Referent die Haupteinteilung der dispersen Systeme¹⁾ und ihre Zusammenfassung mit den molekulardispersen (den kristalloiden Lösungen *Grahams*) als räumlich diskontinuierlichen Gebilden als beträchtlichen Fortschritt gegenüber der früher vielfach üblichen Einteilung in homogene Lösungen und Suspensionen begrüßt, so bedenklich erscheint ihm die Unterteilung der dispersen Systeme nach dem Aggregatzustand der dispersen Phase. In der Tat stößt man dabei fortwährend auf Schwierigkeiten, die dem Verfasser auch selbst reichlich zu schaffen machen und dem aufmerksamen Leser bei Durchsicht der §§ 6, 9, 11 usw. des Teils I nicht entgehen werden.

Trotz dieser Schwierigkeiten hat Verfasser mit ungewöhnlicher Energie seinen Plan, auf deduktivem Wege eine Vorstellung über die Ursachen der Eigentümlichkeiten der Kolloide zu gewinnen, durchgeführt und ist so zu einem — man möchte fast sagen — philosophischen System gelangt, das, wenn auch vielfach zu Widersprüchen herausfordernd, doch auch mannigfache Anregung zu experimenteller Arbeit gegeben hat und somit fördernd auf die Entwicklung der Wissenschaft einwirkt.

Nach einer „praktischen Einführung“ wird im Teil I eine allgemeine Topographie kolloider Systeme gegeben, hierauf werden die Beziehungen zwischen Formart und den allgemeinen Eigenschaften kolloider Systeme behandelt. Weitere Kapitel behandeln die allgemeine Energetik der Dispersoide und die Verbreitung des kolloiden Zustands. Im zweiten Teil werden Volumen- und Massenverhältnisse, innere Reibung und Oberflächenspannung der Kolloide und die Bewegungserscheinungen in kolloiden Systemen besprochen.

Eine große Zahl von physiko-chemischen, die dispersen Systeme betreffenden Arbeiten sind berücksichtigt. Die Darstellung ist anregend, und die Ausstattung des Buches ist gut.

R. Zsigmondy, Göttingen.

Fürth, Reinhold, *Schwankungserscheinungen in der Physik*. Sammlung Vieweg 48. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1920. VIII, 94 S. und 8 Fig. Preis M. 4,50 + 80 % T.

Alle Theorien über den Aufbau der Körper aus diskreten Einzelteilchen werden von dem Mißgeschick betroffen, daß ihre Behauptungen nicht direkt experimentell verifiziert werden können, weil die Einzelteilchen für eine direkte Sinneswahrnehmung zu klein sind. Aus diesem Grunde hat man lange Zeit alle molekularen Vorstellungen als bloße Hilfskonstruktionen betrachtet, denen keine reale Bedeutung zukommt. Dies hat sich erst geändert, als zwischen die molekulare und die makroskopische Welt ein Zwischenglied eingeschaltet werden konnte, eine mikroskopische Welt, in der zwar die Wirkungen der Moleküle auch nur als Massenwirkungen zu beobachten sind, aber diese Massenwirkungen noch nicht jene absolute Gleichförmigkeit zeigen, die wir makroskopisch beobachten. In diesem Zwischengebiet ist die Zahl der mitwirkenden Einzelteilchen bereits soweit vermindert, daß *Schwankungen* auftreten, die zwar selbst noch Integralerscheinungen sind, aber nicht mehr aus rein phänomenologischen Theorien erklärt werden können. Diese Schwankungserscheinungen, als deren berühmteste die Brownsche Bewegung bekannt ist,

sind deshalb die einzigen unanfechtbaren Beweise für die reale Existenz der Einzelteilchen.

Aus diesen Gedanken heraus ist das Fürthsche Buch entsprungen. Es will eine Durchmusterung der gesamten Physik auf derartige Schwankungserscheinungen hin geben. Als erste Zusammenstellung der statistischen Probleme unter diesem wahrscheinlichkeits-theoretisch-experimentellen Gesichtspunkt erscheint es deshalb gleich wertvoll für den experimentellen Forscher, der sich über einzelne statistische Methoden unterrichten will, wie für den Studenten, der das Gebiet zum erstenmal kennen lernen will. Unter diesem Gesichtspunkt ist es erfreulich, daß das Büchlein alle mathematische und gedankliche Problematik der Wahrscheinlichkeitstheorie vermeidet und mittels einfacher mathematischer Methoden die praktisch wichtigen Resultate ableitet. So wird es zu einem Hilfsbuch für die experimentelle Verifikation der statistischen Physik.

Im ersten Kapitel wird die mathematische Theorie der Schwankungen kurz entwickelt. In den Mittelpunkt tritt dabei die *Wahrscheinlichkeitsnachwirkung*, unter der die Beeinflussung einer gegebenen Verteilung durch die zeitlich vorangehende verstanden wird. Zählt man z. B. alle 5 Sekunden die Staubteilchen, die sich in einem abgeschlossenen Volumen befinden, so sind die Zahlen nicht unabhängig voneinander, sondern jede hängt von der vorangehenden in gewissem Grade ab. Dadurch entstehen Zusatzglieder in den ursprünglichen Formeln. In den folgenden Kapiteln werden dann die Schwankungen der kolloidalen Lösungen, wo die Einzelteilchen noch mikroskopisch sichtbar sind, der Moleküle, des elektrischen und magnetischen Zustands und des Atominnern behandelt. Experimentelle Resultate sind überall als Beispiele eingeflochten. Auf die Möglichkeit von Schwankungen im Molekülinneren und von Strahlungsschwankungen wird nur hingewiesen.

H. Reichenbach, Stuttgart.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 20. Dezember hielt Professor W. Penck, Leipzig, einen Vortrag über *Neue Probleme der Geomorphologie*. In dem Formenschatz der Erdoberfläche spiegelt sich der Widerstreit der endogenen, im wesentlichen hebenden, und der exogenen, hauptsächlich abtragenden Kräfte wieder, die einander entgegenwirken. Das Endergebnis würde eine angenäherte ebene Fläche, eine Peneplain sein, ein Gleichgewichtszustand, der aber nicht erreicht wird, weil die wirkliche Landoberfläche nicht ein Endergebnis, sondern nur eine Station auf dem Wege dahin darstellt, ein Reaktionsfeld, auf dem die endogenen wie die exogenen Kräfte einem Gleichgewicht zustreben. Die bisher übliche Methode der geomorphologischen Darstellung erweckt den Anschein, als ob Hebung und Abtragung Vorgänge wären, die nacheinander wirksam werden, was ein grundsätzlicher und schwerer Irrtum ist. Das bisherige unstetige Verfahren führt nur in bestimmten Fällen zum Ziel, nämlich dann, wenn die Wirkungen der endogenen wie der exogenen Kräfte gleichmäßig verlaufen. Sind die beiden Kräftegruppen jedoch ungleichmäßig beschaffen, so versagen die bisherigen Methoden. Es muß dann ein differentielles Verfahren zur Anwendung kommen, das die Verfolgung der Vorgänge von Moment zu Moment gestattet.

¹⁾ Nach der Formart des Dispersionsmittels.

Trägt man die Hebung als Abszisse, die Abtragung als Ordinaten auf, so bezeichnet der Endpunkt der letzten Ordinate das Endstadium der Entwicklung, die Peneplain. Jede Kurve nun, die zwischen ihm und dem Anfangspunkt gezogen wird, stellt einen anderen Ablauf der Formengebung dar, so daß also beliebig viele Linien auf der Dreiecksfläche verlaufen können, bei denen jeder Punkt einem bestimmten Formenstadium entspricht.

Als morphologisches Grundgesetz ergibt sich, daß die vielgestaltigen Landformen das Ergebnis mannigfaltiger Intensitätsverhältnisse endogener und exogener Kraftwirkung sind.

Die Unterlagen des differentiellen Verfahrens liefern: 1. der morphologische Tatsachenschatz, 2. die endogenen, 3. die exogenen Entstehungsbedingungen. Sind zwei von diesen Unterlagen bekannt, so läßt sich durch morphologische Analyse die dritte erschließen.

Die morphologische Untersuchung muß neben der Ermittlung des Formenschatzes auch die stratigraphischen Verhältnisse der korrelierten Ablagerungen berücksichtigen. Die exogenen Prozesse setzen sich zusammen aus der Aufbereitung des Gesteinsmaterials, wodurch dasselbe beweglich wird, und aus den exogenen Massenbewegungen, welche erst die Gestaltveränderung verursachen. Die Abtragung an sich ist in den verschiedenen Klimagebieten nicht verschieden, sondern erfolgt nur mit verschiedener Geschwindigkeit. Das Verfahren der morphologischen Analyse ist deduktiv, beruht aber auf der von der induktiven Forschung gelieferten Grundlage.

Der zweite Teil des Vortrages erläuterte die Anwendung der Methode auf einzelne Formen. Eine Rumpffläche ist in der Regel die erste und primitivste Abtragungsform, die bei langsamer Hebung entsteht (Primärrumpf). Eine beschleunigte Hebung führt zur Zertaltung dieses Primärrumpfes. Die zerschnittene Rumpffläche ist also nicht der Hinweis auf eine Zweiteit der Hebung (zweizyklische Entwicklung im Sinne von Davis), sondern stets, und zwar ohne Ausnahme, das Ergebnis der Intensitätszunahme ein und derselben stetigen Hebung. Der Schluß auf ruckweise Hebung ist falsch, ebenso wie aus Talterrassen nicht auf solche geschlossen werden kann, da Terrassen auch bei beschleunigter stetiger Hebung entstehen müssen. Es zeigt sich ferner, daß die Talflanken um so steiler geböscht sind, je schneller das erosive Einschneiden des Flusses erfolgt, das mit der Intensität der endogenen Bewegung zunimmt. Je steiler also die Böschung, um so stärker die Hebung. Bei zunehmender Steigungsgeschwindigkeit werden daher die Böschungsprofile der Talflanken nach oben konvex, wie dies in den Abdachungen der deutschen Mittelgebirge vielfach der Fall ist. Diese aufsteigende Entwicklung kennzeichnet im allgemeinen die Gebirgsgürtel. Erlahmt jedoch die Krustenbewegung, so nimmt die Erosionsintensität ab, die Talhänge werden dann also nach unten hin immer flacher. Diese nach oben konkaven Formen, die der absteigenden Entwicklung entsprechen, charakterisieren im großen und ganzen die echten Kontinentalmassive.

Dem Vortrag folgte eine lebhafte Erörterung, an der sich Professor Jaeger, Dr. Behrmann, Professor Merz und Geheimrat Penck beteiligten, die sich durchweg der Ansicht des Vortragenden anschlossen und in ihr einen wichtigen Wendepunkt in der Auffassung geomorphologischer Probleme erblickten.

In der Sitzung am 10. April 1920 hielt Dr. W. Behrmann (Neubabelsberg) einen Vortrag mit Lichtbildern

über die Oberflächenformen in den feuchtwarmen Tropen, die er auf einer Forschungsreise in Neuguinea eingehend studiert hat. Dort werden entweder alle Feinheiten des Reliefs durch den Urwald verschleiert, oder unpassierbare Sümpfe erschweren das Studium der Bodenformen noch mehr. Zu der Unwegsamkeit kommt für den Europäer auch die Ungunst des Klimas. Die Mitteltemperatur betrug 27°, sie erhob sich mittags über 31° und sank in der Nacht bis auf 24°. Als absolutes Minimum wurde 19,5° beobachtet. Nur im Gebirge war es kühler, und auf dem 2000 m hohen Schraderberge sank die Temperatur auf 11,3°. Die Vegetation trieft beständig vor Feuchtigkeit, die durch tägliche starke Gewitterregen noch erhöht wird, deren heftigster 93,9 mm Regenhöhe lieferte, während die Jahresmenge 2450 mm betrug. Die Luft hat morgens und abends stets 100 % relative Feuchtigkeit. In größeren Höhen herrscht der mit Wasser durchtränkte Mooswald vor, in den tieferen Lagen der Urwald, in den Niederungen der Sumpf. Die Bäume des Urwaldes haben keine Pfahlwurzeln, weil sie keinen Halt brauchen, sondern sich gegenseitig stützen. Am Boden liegt zunächst eine 1—1½ m dicke Moderschicht abgestorbener Pflanzenteile, unter der sich das Wurzelwerk verzweigt. Das durchsickernde Regenwasser reichert sich mit Humussäuren an und greift das darunter liegende Gestein chemisch an, so daß eine Verwitterungsschicht entsteht, die bei undurchlässigen Bodenarten 6 m Mächtigkeit erreichen kann. Dieser Verwitterungsboden ist häufig breiartig, so daß er an geneigten Hängen durch eine Lücke in der Vegetationsdecke ausbrechen und Schlammströme und Erdschlipfe bilden kann. Die Bäume, denen der Boden auf solche Weise entzogen ist, stehen dann auf Stelzwurzeln. Der Regenreichtum hat eine starke Durchtalung zur Folge. Die Flüsse fließen in felsigem Bett und weisen häufig Wasserfälle auf. Die große Tal-dichte verleiht den Gebirgsrücken scharfe Formen. Die Grate sind oft so schmal, daß ein einziger Baum den Weg sperren kann. Die Abhänge sind steil und die Verwitterungserde rutscht leicht herunter, so daß weithin sichtbare rote Wunden in dem grünen Pflanzenkleide entstehen. Interessant ist, daß auch die, manchmal als Wüstenform gedeutete Wabenstruktur der Sandsteinwände sich in diesem extrem feuchten Gebiet findet.

Die chemische Tiefenerosion und die Oberflächenverwitterung arbeiten gleich schnell, und der Abtragung entspricht eine ebenso schnelle Ablagerung in der Ebene. Alle tropischen Gebirge, die nicht an tiefes Meer grenzen, sind daher von weiten Tiefebeneu umlagert. In Neuguinea transportieren die Flüsse weniger Gerölle als hauptsächlich Schlamm. Der Boden der Ablagerungen trägt Niederungswald und ist von einem engmaschigen, bis 6 m tiefen Gewässernetz durchzogen. Dies ist auch das Gebiet des Sagosumpfes, der wegen der starken Dornen an den braunen Palmblättern und der zahlreichen Blutelgel nur schwer passiert werden kann. Noch tiefer liegt der Grassumpf, ein amphibisches Gebilde mit Schilf, wildem Zuckerrohr und stacheligem Pandanus, dessen kandelaberartige Zweige ein undurchdringliches Gewirr schaffen.

Groß sind die Wasserstandsschwankungen der Flüsse, die bis zu 7 m betragen. Die Flüsse haben in ihrem Oberlauf ein felsiges Bett und weisen häufig Wasserfälle auf. Im Unterlauf schütten sie sich einen Damm auf, der die Ufer begleitet und einen Galeriewald trägt. Der Damm ist der höchste Teil der

Ebene, und hier legen daher die Eingeborenen ihre Wohnplätze an. Dahinter erstreckt sich das ebene Sumpfland, das von Flüssen mit tiefschwarzem Wasser durchzogen wird, welche durch eine Lücke des Damnes in den Hauptfluß münden, der jedoch bei Hochwasser seine Fluten durch diese Lücken in die Ebene ergießt. Stark entwickelt sind die Mäander und Altwässer, so daß die Flüsse nicht eine Linie, sondern eine breite Zone bilden. Im Unterlaufe treten schwimmende Gras- und Treibholzinselfen auf, die gelegentlich den Flußlauf verstopfen.

Die Küstenkonfiguration wird bestimmt durch Korallenbauten, Mangrovevegetation sowie Anschwemmungen, die wesentlich auf der Küstenversetzung lockerer Materials durch Strömungen beruhen.

Am 8. Januar 1921 hielt Herr H. Consten (Blankenburg i. Thür.) einen Vortrag mit Lichtbildern über seine Reisen in der Mongolei. Die Mongolei ist immer der Tummelplatz einer großen Nomadenvölkerschaft gewesen, aber in der Geschichte Europas spielen die Mongolen erst eine Rolle, seitdem Dschingis-Chan 1205 das Mongolenreich begründete und dessen Macht nach Westen hin ausdehnte. Die Mongolen überschwemmten in den folgenden Jahrzehnten Westasien und Osteuropa. Ihr Vordringen nach Deutschland kam erst am 9. April 1241 zum Stehen, als der Entscheidungskampf zwischen den Mongolen und den Deutschen bei Liegnitz stattfand. Diese Schlacht ist besonders interessant durch die Tatsache, daß hier wohl der erste groß angelegte und mit Erfolg durchgeführte Gasangriff (Entwicklung übelriechenden Rauches) unterstützt durch Handgranaten (mit Pulver gefüllte und mit Zündschnur versehene Bambusstücke) auf europäischem Boden stattfand, dem die Deutschen unterlagen. Nur dem Umstande, daß Dschingis-Chans Nachfolger Oktai kurz danach in der Nähe seiner Hauptstadt Karakorum starb, ist es zuzuschreiben, daß die Mongolen 1242 Europa verließen und nach Osten zurückfluteten.

Der unter dem Namen Chaleha bekannte Teil der Westmongolei, den Consten bereiste, ist durch horizontale Flächen und steile Böschungen charakterisiert. Die Beckenebenen, in denen hier und da steile Felsrücken aufragen, sind von großen Flüssen durchzogen, die meist in abflußlosen Seen endigen, welche die tiefste Stelle des Beckens einnehmen. Umrahmt sind diese Ebenen durch steil ansteigende Gebirgskzüge, von denen der typische Fallwind in die Steppe hinabstürzt. Die Gipfel der Gebirge, die bis 4500 m emporragen, tragen vielfach Gletscher. Die Pässe liegen oft in Höhen von 3500 m und darüber.

Die Reisen des Vortragenden gingen von Biisk aus, das im westsibirischen Gouvernement Tomsk an der Stelle liegt, wo aus den beiden Quellflüssen Katun und Bija der schiffbare Ob entsteht. Am Katunflusse und dessen rechtem Nebenflusse, dem Tschu, aufwärts gelangte der Reisende nach der russischen Grenzstation Kosch-Agatsch am Rande der Kosch-Agatsch-Steppe. Von hier gibt es zwei Wege ostwärts über das Siljuga-Grenzgebirge nach Uljassutai. Der südliche führt zum Kobdoflusse, über dessen Quellsystem man bisher der Meinung war, daß es aus dem Karakobdo und Zagankobdo (schwarzer und weißer Kobdo) bestehe. Nach Consten dagegen entspringen auf dem mit 15 Gletschern bedeckten Gebirgsmassiv des Tabin bogdo ola in 4100 m Höhe zwei Quellflüsse, Ak-su und Kara-mür, die eine alte Moräne durchbrechen und kurz nach ihrer Vereinigung in den oberen Kobdosee münden, aus dem ein etwa fünf Kilometer langer Ver-

bindungskanal in den unteren Kobdosee fließt. Erst der aus diesem See ausfließende Fluß wird Kobdogol genannt; er durchbricht eine alte Moräne, fließt durch die alpine Gebirgswelt erst nach Nordost und Ost, wendet sich jedoch späterhin in einem mächtigen Bogen nach Süden und endet in dem gewaltigen See Chara-ussu, der von den umwohnenden Türkvölkern Kara-ussu genannt wird. Westlich von diesem See, genau auf dem 48. Breitengrad, liegt die Stadt Kobdo, die von den Mongolen unter Damding-Zurun am 6. August 1912 nach einer Belagerung von 45 Tagen erobert und zerstört wurde. Bei der Ermordung der chinesischen Bevölkerung spielten sich grauerregende Szenen ab, z. B. die qualvolle Opferung von Kriegsgefangenen durch Dsal-Lama, einen Anhänger der roten Kirche, die im Gegensatz zu der sogenannten gelben Kirche steht, die blutige Opfer verwirft.

Uljassutai liegt etwa 5 Längengrade östlich von Kobdo auf der rechten Seite des Dsapchyn-Stromgebietes. Dieser Fluß entspringt in 48° nördlicher Breite und 98° östlicher Länge, durchfließt den Südhang des Chan-gai-Gebirges erst südwärts, wendet sich dann in einem großen, nach Norden offenen Bogen nach Nordwesten und mündet schließlich in den großen See Kirgis-nor. In seinem Steppenlaufe verschwindet er manchmal plötzlich im Untergrunde, um dann in einem anderen alten Flußbett wieder emporzusprudeln. Am rechten Ufer des Kunguiflusses, der nördlich vom Unterlaufe des Dsapchyn parallel zu demselben fließt, liegt ein mächtiges Sandmeer, dessen Dünen bis 50 m Höhe erreichen. Hier gibt es eine Art singender und klingender Sandströme, die von einem etwa sechs Monate ununterbrochen aus Nordwest wehenden, manchmal zu gewaltiger Stärke anwachsenden Winde vorwärts getrieben werden.

Der südliche Weg führt von Kobdo ostwärts um die Südufer der Seen Kara-ussu und Durga-nor herum zum Dsapchyn, dessen Lauf er aufwärts bis zu dem Knie des Flusses bei Borcho folgt, um dann nach Überquerung einer Kette des Chan-gai-Gebirges in Uljassutai sein Ende zu erreichen.

Neben diesem südlichen, sozusagen offiziellen Wege gibt es einen geheimen Kaufmannsweg, der von Kosch-Agatsch nach Tarchantu zum Zagan-nor und Dsapchyn geht, diesen überschreitet und längs des Kunguiflusses in das Gebirge hinein führt, um von Norden her Uljassutai zu erreichen.

Von dort begab sich der Reisende nach dem, zehn Längengrade weiter östlich gelegenen Urga, der heiligen Stadt der Chalchamongolen. Besondere Schwierigkeit machte dabei die Übersteigung des 3200 m hohen PASSES Kondülön Daba mitten im Winter. Die Lufttemperatur sank hier auf -50° und die Karawane geriet in die größte Gefahr. Nur wenige Kamele und Pferde entgingen der Vernichtung.

In Urga hausen etwa 10 000 Lamas in den großen Klöstern, Tempeln und sonstigen Heiligtümern der Mongolen. Es gelang Consten, zahlreiche Innenräume der Tempel zum ersten Male zu photographieren. Das Allerheiligste der Mongolen wird Maidar genannt.

Von Urga ging die Reise nach Westen zurück an dem alten Karakorum, der ehemaligen Hauptstadt der Mongolenkaiser vorüber in die Gebirgswelt des südwärts dem Zagan-nor zufließenden Baidarikflusses, wo Gipfel bis zu 3500 m erstiegen und gemessen wurden. Das Wildschaf (Argali) und der Steinbock sind hier heimisch.

Nach Süden gehen die Ausläufer dieses Gebirges in die Gobiwüste über, in der Kies- und Grassteppen mit

dem sie umklammernden Sande abwechseln. In ihr lebt der Mongole im Winter als Nomade. Genossen seiner Herden sind am Rande der Wüste unzählige Antilopen und tiefer hinein das wilde Pferd und Kamel. Die Reise ging dann wieder nach Norden, den Baidarik aufwärts zum Flusse Dsack und seinen bis 3000 m hohen Gebirgen, weiter auf der großen Karawanenstraße, die von erfrorenen und verhungernden Kamelen und Pferden umsäumt ist, nach Ujassutai und von dort längs des Dsachyn zum Salzsee Baga-nor, dann noch zwei Tage lang durch haushohe Sanddünen zu dem gewaltigen Durga-nor und dem noch größeren Karassu, die beide im Süden umgangen bzw. auf dem Eise überschritten wurden, und weiter nach Kobdo. Von dort aus machte der Vortragende noch einen Abstecher nach Süden in den mongolischen Altai und kehrte schließlich nach Biisk zurück, nachdem er 4800 Kilometer zu Pferde zurückgelegt hatte.

Die Einzelschilderungen über Sitten und Gebräuche der Mongolen, z. B. das Auffressenlassen der Leichen durch Hunde, die seltsamen Trachten der Frauen, die mitunter bis zu 40 Pfund Silberschmuck tragen, die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse des Landes sowie die Reiseerlebnisse und Abenteuer des Vortragenden sind in dessen Reisewerk¹⁾ ausführlicher dargelegt.

In wirtschaftlicher Beziehung überwiegt chinesischer Einfluß, denn die Mongolei exportiert nur für 10 Millionen Mark Rohstoffe nach Rußland, dagegen für 171 Millionen nach China. O. B.

Über thermodynamische Wärmeerzeugung.

Es ist heute von großem Interesse, diejenigen Wege kennen zu lernen, die Wissenschaft und Technik einschlagen, um die bedrohlichen Folgen des herrschenden Mangels an Energiequellen zu mildern. Es werden daher im folgenden zwei Verfahren beschrieben, die in jüngster Zeit von verschiedenen Seiten zur Kohlenersparnis empfohlen und auch angewendet worden sind und die, wie es scheint, für gewisse Zwecke der Wirtschaft in Zukunft von beträchtlichem Nutzen sein werden.

Fragt man nach dem Wert, den zwei verschiedene Energiequellen für uns haben, so ist dieser bekanntlich nicht allein durch ihren Energiegehalt bestimmt. Habe ich z. B. eine gewisse Energiemenge E in Form von elektrischer Energie aus Wasserkraft gewonnen, und habe ich andererseits durch Verfeuerung von Kohle z. B. in einem Kessel Dampf erzeugt, der eine Energiemenge von gleichem Betrage E enthalten möge, so besitzen beide Energiemengen offenbar nicht den gleichen Wert für uns, denn man kann mit der elektrischen Energie mehr leisten als mit der Energie in Dampf-form. Von dieser nämlich kann höchstens der Bruchteil

$$A = E \frac{T - T_0}{T} \text{ in mechanische Arbeit verwandelt werden,}$$

dabei ist T die absolute Temperatur des Dampfes, T_0 die Temperatur, bis zu der er abgekühlt werden kann. $T - T_0$ ist also das ausnutzbare Wärmegefälle. Dies trifft bekanntlich auch dann zu, wenn man die Energie überhaupt nicht zur Leistung von mechanischer Arbeit benutzen will, sondern sie nur zu Heiz-

zwecken gebraucht. Die hierbei herrschenden Verhältnisse werden im folgenden dargelegt.

Das Verfahren, über das hier zunächst berichtet wird, ist die Brüdendampfkompensation, ein Verfahren, das das Eindampfen von Lösungen und Laugen der chemischen Industrie mit Benutzung von mechanischer Arbeit unter Kohlenersparnis gestattet. Da für Eindampfprozesse von der Industrie ganz beträchtliche Kohlenmengen gebraucht werden, so würde eine Ersparnis an Kohle gerade auf diesem Gebiet von wesentlichem Vorteile sein. Bisher wurde das Eindampfen von Laugen meist in den sogenannten Mehrkörperverdampfern vorgenommen. In dem ersten Kessel wird die Lösung bei der Temperatur T_1 mit Hilfe von frischem Heizdampf zum Verdampfen gebracht, und das abfließende Kondenswasser zum Vorwärmen der neu zuströmenden Lauge benutzt. Der Dampf über der Lösung — der Brüdendampf — wird dann in einen zweiten Kessel geleitet und dort als Heizdampf verwendet. Das Eindampfen im zweiten Kessel geht genau wie im ersten vor sich, nur bei einer tieferen Temperatur T_2 ; denn der Druck p_1 des Wasserdampfes über der Lösung im ersten Kessel ist kleiner als der Druck des Dampfes über reinem Wasser bei der Tempe-

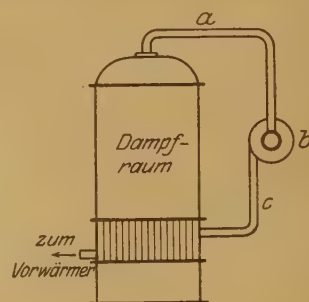


Fig. 1.

ratur T_1 . Infolgedessen kondensiert sich der Brüdendampf erst bei einer Temperatur, die kleiner als T_1 ist, und gibt erst bei dieser seine Kondensationswärme zu Heizzwecken ab. Die Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ ist also durch die Dampfdruckerniedrigung der Lösung, d. h. durch ihre Konzentration bestimmt. Hinter dem Kessel 2 wird nun noch in gleicher Weise ein dritter Kessel usw. geschaltet, wobei selbstverständlich in den folgenden Kesseln auch ein geringerer Druck als in dem ersten herrscht. Die Zahl der hintereinander zu schaltenden Kessel ist, wie aus dem Obigen hervorgeht, durch die Konzentration der Lösung bestimmt. In der Praxis ist man bei verdünnten Lösungen bis höchstens zur Fünffach-Verdampfung, bei hohen Konzentrationen bis zur Zwei- und Dreifach-Verdampfung gelangt. Bei diesem Verfahren wird also die in dem Brüdendampf steckende Energie dadurch wiedergewonnen, daß man seine Temperatur erniedrigt und ihm dadurch seine latente Wärme entzieht. Das neue Verfahren schlägt gerade den umgekehrten Weg ein, um die latente Wärme zurückzugewinnen. Es komprimiert den Brüdendampf adiabatisch — erhöht dadurch seine Temperatur — bis zu dem Druck, der dem Dampfdruck des Wassers bei der Temperatur der Lösung entspricht. Praktisch wird das auf folgende Weise ausgeführt: Der in dem Verdampfungskessel über der Lösung befindliche Dampf vom Drucke p und der Temperatur T wird durch das Rohr a (siehe Fig. 1) von dem Turbokompressor b angesaugt, in diesem komprimiert und durch das Rohr c in die Heiz-

¹⁾ Weideplätze der Mongolen im Reiche der Chalcha von Hermann Consten. 2 Bde. Berlin, Dietrich Reimer, 1919 u. 1920.

schlangen desselben Kessels gedrückt und dort kondensiert. Es wird also hierbei der Brüddampf als Heizdampf desselben Verdampfers benutzt. Der Turbokompressor dient dabei nur dazu, die bei der Eindickung der Lösung geleistete Arbeit und die durch Strahlung verlorene Energie zu ergänzen. Noch klarer wird das Verfahren an Hand des nebenstehenden Schemas.

Die obere ausgezogene Kurve stellt die Dampfdruckkurve des reinen Wassers dar, die untere die Dampfdruckkurve der Lösung. Bei der Temperatur T wird verdampft. p' ist der Druck des reinen Wassers bei dieser Temperatur. Die gestrichelte Kurve stellt die bei adiabatischer Kompression einander zugeordneten Drucke und Temperaturen dar. Man muß soweit komprimieren, daß der Druck des Brüddampfes auf p' erhöht wird, also auf der Adiabate soweit gehen, bis diese die durch B gezogene Parallele zur T -Achse schneidet. Bringt man jetzt den Dampf unter dem konstanten Druck p' in Wärme leitende Verbindung mit dem Verdampfer, so kühlt der Dampf sich wieder auf die Kesseltemperatur T ab und kondensiert sich bei dieser. Damit nun die hierbei frei werdende Wärme vollständig an die Lösung abgegeben wird, muß ein kleines Temperaturgefälle zwischen Lösung und dem

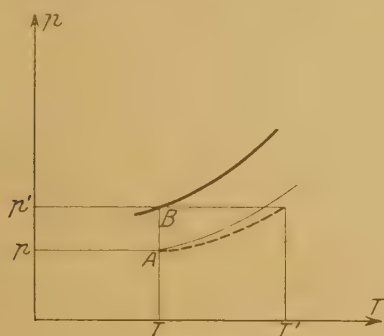


Fig. 2.

sich kondensierenden Dampf bestehen. Daher muß der Druck des Dampfes noch etwas größer als p' sein; dann liegt sein Kondensationspunkt etwas oberhalb T .

Um nun die Wirtschaftlichkeit der beiden Verfahren zu vergleichen, gebe ich nachstehend den Heizdampfverbrauch für die Mehrfachverdampfer an.

		Heizdampfbedarf zum Verdampfen von 1 t Wasser
Konzentrierte Lösung	Einfach-Verdampfer	1300 Kilo
	Zweifach-Verdampfer	750 "
	Dreifach-Verdampfer	550 "
Verdünnte Lösung	Vierfach-Verdampfer	450 "
	Fünffach-Verdampfer	380 "

Für die Brüddampfkompensation ergibt sich nun, daß die aufzuwendende Arbeit annähernd proportional ist der Temperaturdifferenz zwischen Heizdampf-temperatur und der Sättigungstemperatur, die dem Dampfdruck p entspricht. Berechnet man nun für eine schon recht konzentrierte Lösung mit einer Siedepunkterhöhung von 40° die aufzuwendende Arbeit, so ergibt sich, daß zur Erzeugung von 1 t Dampf 100 Kilowattstunden gebraucht werden. Dabei ist mit einem Turbokompressor von 70% Wirkungsgrad gerechnet. Nun entspricht eine Kilowattstunde dem Energiebetrage nach 1,34 kg Dampf von Atmosphärendruck und 100° C. Vergleicht man diesen Wert von 134 kg p. T. mit dem Energieverbrauch des Mehrfachverdampfers, so sieht man

einen gewaltigen Minderverbrauch an Energie des neuen Verfahrens. Die Brüddampfkompensation braucht in diesem Falle nur den vierten Teil an Energie des bisherigen Verfahrens. Bei Flüssigkeiten mit geringeren Konzentrationen, also auch kleineren Temperaturdifferenzen, gestaltet sich das Verhältnis noch günstiger. Die bisherigen Betrachtungen geben aber kein zutreffendes Bild von der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens; denn wenn der Strom, der zum Antreiben des Kompressors dient, nicht aus Wasserkraft, sondern, wie es meistens der Fall ist, mittels Dampfturbinen, also aus Heizdampf, gewonnen wird, so darf man 100 Kilowattstunden nicht gleich einer Dampfmenge von 134 kg setzen, sondern muß sie gleich derjenigen Dampfmenge setzen, die zu ihrer Erzeugung notwendig war, und diese ist, wie wir im Anfang gesehen haben, beträchtlich größer. Man braucht nämlich für eine Kilowattstunde rund 7 kg Heizdampf. Setzt man diesen Wert in obige Rechnungen ein, so kommt man bei hohen Konzentrationen auch nur zu den Leistungen des Zwei- und Dreifach-Verdampfers, erzielt also keinen Vorteil. Bei kleinen Konzentrationen leistet aber auch unter diesem Gesichtspunkt das neue Verfahren beträchtlich mehr. Man hat z. B. in einer industriellen Anlage mit der Arbeit von 1-PS-Stunde 60—70 kg Wasser verdampft. Zur Erzeugung von 1-PS-Stunde braucht man in einer Großkraftanlage 5 kg Heizdampf, d. h. 1 kg Dampf bringt 12—14 kg Wasser zum Verdampfen oder 1 t Wasser wird mit nur rund 80 kg Dampf verdampft. Ein Ergebnis, welches alle bisherigen Resultate bei weitem übertrifft. Aber auch bei Lösungen hoher Konzentrationen kann man doch mit diesem Verfahren das Zwei- bis Dreifache der bisherigen Leistungen erzielen, wenn man auch noch die Abdampferverwertung der die Arbeit erzeugenden Maschine berücksichtigt. Ein näheres Eingehen hierauf liegt aber außerhalb des Rahmens dieses Berichtes.

Die Brüddampfkompensation erlaubt also auch, wenn man den Dampf erst aus Kohle gewinnt, eine beträchtliche Energieersparnis. Besonders wertvoll ist dies Verfahren aber in den kohlearmen Ländern, wie in der Schweiz und Norwegen. Dort hat man elektrischen Strom aus Wasserkraft zur Verfügung und kann diesen erst mit Hilfe der Brüddampfkompensation auf rationelle Weise zum Eindampfen verwerten, während bisher eine Verdampfung mit Hilfe des elektrischen Stromes nur auf dem Wege der Widerstandsheizung möglich war, wobei man auch bei hoher Konzentration die 4- bis 5fache Strommenge des neuen Verfahrens verbrauchte, was bisher unwirtschaftlich war. Man mag sich wundern, daß dieses so einfache Verfahren nicht früher angewendet wurde. Das liegt aber im wesentlichen daran, daß man bislang über keinen Kompressor verfügte, der die genügenden Dampf-mengen förderte. Eine geeignete Maschine hierfür besitzt man erst in dem modernen Turbokompressor. Das Prinzip des oben geschilderten Verfahrens ist schon lange bekannt und schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in einer Schweizer Saline angewendet worden. In neuerer Zeit ist es von der Kompressor- und Dampfturbinenindustrie wieder aufgegriffen und durchgebildet worden.

Es soll nun eine zweite Methode beschrieben werden, welche Heizungsprozesse ebenfalls mit weniger Heizmaterialien als bisher auszuführen gestattet. Dieses Verfahren ist aber nicht nur bei Eindampfungen, sondern an sich bei allen Heizprozessen anwendbar. Das oben geschilderte Verfahren ist prinzipiell in dem zweiten

enthalten; es ist nur eine besonders rationelle und einfache Anwendung des letzteren.

Wir wollen folgende Aufgabe betrachten. Es sei ein Behälter von der Temperatur T gegeben, dem eine bestimmte Wärmemenge Q zugeführt werden soll. Zur Verfügung steht als einzige Energieform elektrischer Strom. Zunächst möchte man denken, daß es das beste sei, den Strom mittels Widerstandsheizung in Wärme umzuwandeln. Dann braucht man, wenn man von allen äußeren Verlusten absieht, eine Strommenge vom Energiebetrage Q . Die einfachste Methode ist dies sicherlich, aber es ist nicht die, welche die wenigste Energie verbraucht. Man braucht den Strom nicht direkt in Wärme zu verwandeln, sondern benutzt einen Strom vom Energiebetrage A nur zum Treiben einer Kältemaschine. Diese vollbringt nun nichts anderes, als daß sie z. B. der Umgebung von der Temperatur T_0 eine gewisse Wärmemenge Q' entzieht und dann wieder an den Kondensator, den wir nunmehr mit dem zu heizenden Behälter von der Temperatur T identifizieren wollen, die Wärmemenge $Q = Q' + A$ abgibt. Dabei ist im

idealen Falle bekanntlich $A = Q \frac{T - T_0}{T}$. Da $\frac{T - T_0}{T}$ stets ein echter Bruch ist, ist A stets kleiner als Q : Wir brauchen, um auf diese Weise dem Behälter die Wärmemenge Q zuzuführen, also eine geringere elektrische Energie als vorher. Das Energieprinzip ist dabei natürlich gewahrt, denn dafür, daß weniger Strom verbraucht wurde, ist die Umgebung um einen entsprechenden Betrag abgekühlt worden. An dieser Stelle des Prozesses wird also die ganze zur Verdampfung aufzubringende Wärme von außen, also kostenlos in den Kreislauf eingeführt.

Gehen wir nun wieder zu dem Fall über, daß der Strom erst aus Heißdampf gewonnen wird. Wir wollen aber gleich davon ausgehen, daß uns eine gewisse Wärmemenge (Reservoir) bei der Temperatur T_1 gegeben sei. Das zu heizende Gefäß habe die Temperatur T , die Umgebung die Temperatur T_0 . Dem Behälter soll die Wärmemenge Q zugeführt werden. Bei direkter Heizung muß man also die Wärmemenge Q der uns zur Verfügung stehenden Wärme entziehen. Der zweite Weg ist der, daß man in einer thermodynamischen Maschine, die in dem Temperaturintervall T_1 bis T_0 arbeitet, die Wärmemenge Q_1 dem Reservoir mit der Temperatur T_1 entzieht und den Bruchteil

$Q_1 \frac{T_1 - T_0}{T_0} = A$ in Arbeit verwandelt. Diese Arbeit

wird genau wie vorher zum Betrieb einer Kältemaschine benutzt und führt demnach die Wärmemenge

$Q' = \frac{T}{T - T_0} A$ dem zu heizenden Gefäß zu. Drückt man A durch Q_1 aus, so ergibt sich:

$$Q = Q_1 \frac{T}{T_0} \cdot \frac{T_1 - T_0}{T - T_0}.$$

Theoretisch ist Q_1 stets kleiner als Q , solange $T < T_1$. In der Praxis ist dies Verfahren aber nur bei verhältnismäßig geringen Temperaturdifferenzen $T - T_0$ verwendbar, da der Nutzeffekt der Maschine infolge von Wärmeverlusten zu klein wird. Eine etwas andere Kombination, die zu demselben theoretischen Endeffekt führt, in der Praxis aber einen größeren Nutzeffekt zeigt, wurde in neuerer Zeit angegeben. Die bei der Temperatur T_1 zur Verfügung stehende Wärme Q_1 wird nur in dem Temperaturgebiet T_1 bis T zur Arbeitsleistung verwendet; also es wird die Arbeit

$A = Q_1 \frac{T_1 - T}{T}$ gewonnen, und die Abwärme

$Q'' = Q_1 - A$ tritt bei der Temperatur T aus der Maschine und wird dem zu heizenden Kessel zugeführt. Die Arbeit A wird wieder zum Treiben einer Kältemaschine benutzt, die dem Kessel mit der Temperatur T die Wärmemenge $Q' = A \frac{T}{T - T_0}$ zuführt. Dar-

aus ergibt sich im Endeffekt, daß wieder die Wärmemenge $Q = Q_1 \frac{T}{T_0} \cdot \frac{T_1 - T_0}{T - T_0}$ dem Kessel zugeführt wird. Die Verluste sind aber in diesem Fall bedeutend geringer, denn es wird nur ein kleinerer Teil der umgesetzten Wärmemengen durch das ganze Temperaturgebiet transportiert als vorher.

Es ist nun interessant, daß dieses Prinzip schon im Jahre 1852 in der zuerst geschilderten Kombination von Thomson in den Proceedings of the Royal Society of Glasgow angegeben worden ist. Die modifizierte zweite Kombination stammt aus neuerer Zeit von Prof. Altenkirch.

Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird vor allem dadurch beeinträchtigt, daß es die Aufstellung einer kostspieligen Kältemaschine verlangt. Dies ist auch der Grund, warum die Thomsonsche Kombination bisher nicht verwendet wurde; denn der Preis der Kohle war derart gering, daß die Anschaffungskosten einer Kältemaschine die Ersparnis durch Minderverbrauch von Kohlen überwog. In der heutigen Zeit hat sich nun die Lage geändert. Vielfach wird heute die Preisfrage nicht in erster Linie maßgebend sein, sondern die Tatsache, daß genügende Kohlenmengen nicht zu beschaffen sind, und in solchem Falle wird man sich vielleicht der oben geschilderten Heizmethode bedienen. In der Tat haben Versuche ergeben, daß man praktisch — vor allem wenn es sich nicht um zu große Temperaturdifferenzen handelt — zu einem Heizprozeß nur die Hälfte bis ein Drittel derjenigen Kohlenmenge bedarf, die man auf ihn bei direkter Heizung verwenden mußte.

Ein Gebiet aber gibt es, wo dies Verfahren sicher Anwendung finden wird. Es ist das Gebiet der Kälteindustrie und überhaupt aller Industrien mit Kältebedarf. Dort geht man bisher meist so vor, daß man den Kältebedarf feststellt und dann eine Kraftmaschine wählt, deren Arbeit einmal zum Betrieb der Kältemaschine genügt, deren eigene Abwärme plus Abwärme der Kältemaschine andererseits den Wärmebedarf des Betriebes gerade deckt. Geht man aber nicht von dem notwendigen Kältebedarf aus, sondern wählt eine möglichst hochwertige Kraftmaschine, so wird man mehr Wärme in Arbeit verwandeln und dabei trotzdem weniger Kohlen gebrauchen. (Dies ist z. B. dann der Fall, wenn man an Stelle der meist gebrauchten Dampfmaschine eine Dampfturbine wählt.) Dafür wird aber die von der Kraftmaschine gelieferte Abwärme beträchtlich verringert. Betreibt man nun aber mit der größeren Arbeitsmenge, die man auf diese Weise gewonnen hat, noch eine zusätzliche Kältemaschine, so erzeugt man einerseits eine größere Kälteleistung; andererseits führt man dem oberen Temperaturniveau durch diese Zusatzkältemaschine, wie wir oben gesehen haben, eine neue Wärmemenge hinzu, die den Verlust an Abwärme, der durch Verwendung einer besseren Kraftmaschine hervorgerufen wurde, vollständig wieder ausgleicht. Das Ergebnis ist also: durch Betriebs-erweiterung ist Kohle gespart worden.

Literaturverzeichnis.

Bulletin d. Schweiz. elektrotechnischen Vereins, 12. Dezember 1919.

- Dahme*, Zeitschrift f. Dampfkessel- u. Maschinenbau Nr. 21, 1920.
Josse, Festschrift Dingers pt. Journal 1920, S. 22, 23.
Gericke, Sparsame Wärmewirtschaft, Vorträge vom Verein d. deutschen Ingenieure Heft 2, S. 37.
Genescke, ebenda S. 87.
Altenkirch, Zeitschr. f. technische Physik 1920, S. 77, 93.
Hirsch, Zeitschr. f. d. gesamte Turbinenwesen 1920, S. 181, 193.
H. Kallmann.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Natur der Seifenlösungen, die doch seit vielen Jahrhunderten von allen Kulturmenschen benutzt werden, war seltsamerweise bis vor kurzem in recht tiefes Dunkel gehüllt. Nicht nur fehlte es an einer sicheren Kenntnis der Ursache ihrer — wie sich ja im Kriege gezeigt hat, durch keinen anderen Stoff auch nur annähernd erreichten — *Waschkraft*: von den verschiedenen hierüber aufgestellten Theorien ist erst durch Untersuchungen von *Hillyer*, *Spring* u. a. die schon von *Chevreul* hervorgehobene Auffassung wieder zu Ehren gekommen, daß die Waschkraft auf der emulgierenden und suspendierenden Eigenschaft der Seifenlösungen beruht. Diese ist ihrerseits wieder auf eine ganz außergewöhnlich starke Erniedrigung der Oberflächenspannung des Wassers gegen ölige Flüssigkeiten oder gegen feste Teilchen wie Ruß u. dgl. durch aufgelöste Seife zurückzuführen; dank ihrer geringen Oberflächenspannung vermögen die Seifenlösungen im Gegensatz zu gewöhnlichem Wasser zwischen die Schmutz- oder Fettschicht und die Haut oder das Wäschegewebe hineinzukriechen, die Schmutz- oder Fetteilchen zu umhüllen und sie so für die Abspülung durch das Spülwasser loszulösen. Aber auch die scheinbar einfachere Frage nach der *Konstitution* der Seifenlösungen ist erst durch eine Reihe sehr bemerkenswerter Arbeiten von *McBain* und seinen Mitarbeitern, die im Laufe der letzten 10 Jahre an der Universität Bristol ausgeführt wurden (Ztschr. f. physik. Chem., Journ. of Chem. Soc., Proceed. Roy. Soc. u. a.), einer weitgehenden Klärung zugeführt worden, die eine ganz neue Auffassung über die Bestandteile der Lösungen nicht nur von Seifen, sondern wahrscheinlich auch von gewissen Eiweißstoffen, Farbstoffen und anderen hochmolekularen Verbindungen zur Geltung bringt.

Die vielfach einander widersprechenden Untersuchungen älterer Autoren konnten nicht klarstellen, wie weit die Seifen kristalloid oder kolloid gelöst, wie weit sie in wässriger Lösung elektrolytisch, wie weit hydrolytisch gespalten sind. Alle diese Fragen lassen sich jetzt mit großer Sicherheit beantworten auf Grund zahlreicher Messungsreihen, die nicht nur an den eigentlichen Seifen, d. h. an den Alkalisalzen der höchsten Fettsäuren, sondern auch an der ganzen homologen Reihe der fettsauren Alkalien bis zu den Azetaten herab und jeweils in dem ganzen zugänglichen Konzentrations- und Temperaturbereich ausgeführt wurden.

Zunächst zeigten die Messungen des *elektrischen Leitvermögens*, namentlich bei 90°, zwei überraschende Tatsachen: ein verhältnismäßig hohes Leitvermögen auch sehr starker Seifenlösungen und einen ganz auffallenden Gang des Leitvermögens mit der Konzentration: Während z. B. bei Azetaten die Äquivalentleitfähigkeit mit zunehmender Konzentration langsam und regelmäßig abnimmt (wie es der allmählich geringer

werdenden elektrolytischen Dissoziation entspricht), ist schon bei den Lauraten, namentlich aber bei den Myristaten, Palmitaten und Stearaten, also den Hauptbestandteilen der Seifen, der Abfall zwar anfangs sehr stark, aber von etwa 0,1-normalen Lösungen ab wächst bei weiter steigender Konzentration das Äquivalentleitvermögen bis zu etwa 0,5 n und zeigt erst in höheren Konzentrationen wieder eine kleine Verringerung. Für diesen merkwürdigen Verlauf wurde anfangs die *hydrolytische Spaltung* der Seifen verantwortlich gemacht; *McBain* versuchte daher, dieses viel umstrittene Problem zu lösen und gelangte auf zwei Wegen zum Ziel. Sowohl durch elektrometrische Messungen mit Wasserstoffelektroden wie durch Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit eines gewissen, von Alkali katalytisch beschleunigten Zerfalls bei Gegenwart von Seifenlösung stellte er fest, daß die Konzentration der freien OH-Ionen in Seifenlösungen je nach deren Konzentration nur zwischen weniger als 0,001 und etwa 0,003 normal schwankt, der Hydrolysegrad in einer 1-normalen Seifenlösung < 0,1 % und selbst in einer 0,01-n-Lösung nur etwas über 6 % beträgt. Damit war das Märchen eines *weitgehenden* Zerfalls der Seifen in freie Fettsäuren und freies Alkali und alle daran geknüpften Folgerungen (auch für die Erklärung der Waschwirkung) endgültig aus der Welt geschafft. (Übrigens bildet sich bei der hydrolytischen Spaltung der Seife neben freiem Alkali nicht freie Fettsäure, sondern Verbindungen dieser mit neutraler Seife in stetig veränderlichen Verhältnissen zu sauren Seifen.)

Die geringe Abspaltung von freiem Alkali vermag, wie die Durchrechnung zeigte, die Anomalien des elektrischen Leitvermögens der Seifenlösungen nicht zu erklären, es mußten also andere Wege beschritten werden. Hierzu boten sich die physikochemischen Verfahren der *Molekelzählung*, die darauf beruhen, daß der osmotische Druck und die damit zusammenhängenden Eigenschaften der Lösung — Dampfspannung, Siedepunkt, Gefrierpunkt usw. — der Zahl der in der Volumeneinheit gelösten Molekeln des gelösten Stoffes proportional sind. Siedepunktmessungen an Seifenlösungen sind, wie *McBain* zeigte, nicht brauchbar, weil es nicht gelingt, den Seifenschaum von Luft zu befreien, wodurch der Teildruck des Wasserdampfes zu niedrig bleibt. Unmittelbare Dampfspannungsmessungen im Tensimeter sind sehr mühsam. Gefrierpunktmessungen lassen sich zwar ausführen, aber nur bei den Oleaten und den niederen fettsauren Salzen, die bei 0° noch homogene Lösungen liefern. Weit aus den meisten Messungen wurden nach einem sonst wenig benutzten, aber von den Verfassern sehr genau ausgestalteten Verfahren, dem der *Taupunktbestimmung*, angestellt. Hierbei wird in den gesättigten Dampf einer auf 90,00° erwärmten Seifenlösung ein von ebenfalls genau temperiertem Wasser durchströmter blanker Silberzylinder gehängt, der sich bei einer gegenüber der Seifenlösung nur um wenige Zehntelgrade niedrigeren Temperatur mit Tau beschlägt. Dieser Temperaturunterschied entspricht der Dampfspannungsdifferenz zwischen Seifenlösung und Wasser und ergibt durch eine einfache Umrechnung die Zahl der in der Lösung osmotisch wirksamen Molekeln. Diese ist bekanntlich bei normalen, kristalloid gelösten Stoffen mindestens gleich der aus der analytischen Konzentration folgenden, bei Elektrolyten mit Rücksicht auf die Selbständigkeit der Ionen entsprechend größer (bei binären Elektrolyten bis zum doppelten Betrage). Wird die osmotische Konzentration *geringer* als die analytische gefunden, so deutet das auf eine Assoziation, Polymerisation gelöster Mo-

lekeln hin, wodurch sich deren osmotische Wirksamkeit entsprechend verringert oder im Falle des Zusammentritts zu hochkomplexen kolloiden Aggregaten unmerklich wird. *McBain* und *Salmon* fanden nun z. B. die osmotische Konzentration einer 1-n-Kaliumstearatlösung bei 90° nur = 0,42 n. Aus deren Leitfähigkeit berechnet sich aber mit ziemlicher Annäherung allein die Konzentration der Kaliumionen zu 0,41 n; danach können also außer den K-Ionen nur noch sehr geringe Mengen osmotisch wirksamer, kristalloid gelöster Bestandteile vorhanden sein, und sowohl die Träger der den K-Ionen äquivalenten negativen Ladung, wie die zweifellos noch vorhandenen undissoziierten Salzolekeln müssen in osmotisch unwirksamer, kolloider Form vorliegen.

So gelangt *McBain* zu dem zwingenden Schluß, daß die einfachen Anionen der Seifen in den konzentrierteren Lösungen zum größten Teile zu kolloiden Aggregaten zusammengetreten sind, die er *Ionenmicellen* nennt und von denen jede zahlreiche negative Ladungen trägt; derartig hochgeladene Teilchen pflegen durch elektrostatische Wirkung Wasser und andere neutrale Molekeln anzulagern, so daß wahrscheinlich die Ionenmicellen der Seifenlösungen außer den polymerisierten Fettsäureanionen noch eine gewisse Anzahl Wasser- und Salzolekeln enthalten. Mit zunehmender Verdünnung nimmt der Anteil der kolloiden Bestandteile ab, er beträgt z. B. in einer 0,5-n-Kaliumstearatlösung etwa 70 %, in einer 0,2-n-Lösung etwa 30 % der Gesamtkonzentration; ebenso sinkt er beim Absteigen in der homologen Reihe, wobei beim Übergang zu den niederen Fettsäuren ein besonders starker Sprung zwischen der C₁₂- und der C₁₀-Kette zu bemerken ist. In den konzentrierteren Lösungen der eigentlichen Seifen aber kann man als Hauptbestandteile die positiven Kalium- oder Natriumionen und die negativen kolloiden Ionenmicellen ansehen. Für diese vielwertigen Ionenmicellen muß man auf Grund ihrer hohen Ladung eine große elektrolytische Beweglichkeit annehmen; so erklärt sich die ausgezeichnete Leitfähigkeit dieser Lösungen, während der hohe Gehalt an Kolloidbestandteilen ihre große Viskosität bedingt. Auch die Veränderlichkeit beider Eigenschaften mit der Konzentration und mit der Temperatur folgt zwanglos aus der neuen Vorstellung, namentlich erklärt sich das Ansteigen der Äquivalentleitfähigkeit bei steigender Konzentration durch die zunehmende Bildung der gut leitenden Ionenmicellen. Wahrscheinlich hängen auch die sonstigen Besonderheiten der Seifenlösungen, durch die sie sich auch von den Alkalisalzen der niederen Fettsäuren unterscheiden, ihre ungewöhnlich kleine Dichte, niedrige Oberflächenspannung gegen Luft und besonders gegen fette Öle und feste Stoffe, somit auch ihre Waschkraft, mit dem Gehalt an Ionenmicellen zusammen.

Die neue Auffassung ist aber nicht nur für die Erklärung des Wesens der Seifenlösungen von Bedeutung, sie wird zweifellos für die Erforschung der zahlreichen sonstigen „kolloiden Elektrolyte“, wie sie namentlich in den lebenden Organismen die wichtigste Rolle spielen, wertvolle Anregungen geben. *Fr. Auerbach.*

Die Ausführung der harmonischen Analyse der Meereszeiten erforderte bei Anwendung der älteren Darwinschen Methode, bei der die stündlichen Ablesungen der Wasserstände eines Jahres für jede Tide in besonderer Weise gruppiert werden mußten, eine ganz außerordentlich umfangreiche mechanische Rechen- und Schreibarbeit. Deshalb sind Berechnungen der harmonischen Konstanten eines Hafens über

einen längeren Zeitraum wohl nur in Indien durchgeführt worden, wo in den Eingeborenen billige Arbeitskräfte zur Verfügung standen. Die bei Anwendung dieser Methode erforderliche mechanische Arbeit hat *Börgen* später durch Einführung des Verfahrens der Leitlinien wesentlich verringert (vgl. *Annalen d. Hydrographie* usw. 1884, *Börgen*, Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen).

1894 hat *Börgen* einen ganz anderen Weg angegeben. Hiernach ist ein für die Ableitung sämtlicher Tiden verwendbares Summenverzeichnis durch fortlaufende Addierung der Wasserstände zur gleichen Tagessunde von 370 Tagen herzustellen. Aus diesem wird für jede Tide eine beschränkte Anzahl Zeilen (2—66) ausgewählt, aus denen dann die harmonischen Konstanten abzuleiten sind. Dadurch ist die zu leistende Arbeit im Vergleich zur Anwendung der älteren Methode auf fast ein Drittel herabgemindert.

Diese Börgensche Methode der harmonischen Analyse hat *K. Hessen*, Wilhelmshaven, erneut durchgedacht und durchgerechnet und ist dabei zu weiteren Verbesserungen gekommen (vgl. *K. Hessen*, Über die Börgensche Methode der harmonischen Analyse der Meereszeiten, deren Vereinfachung und Erweiterung, *Annalen der Hydrographie* usw. 1920, S. 1—18, 73—94, 123—136, 177—186). Zunächst ist die gegebene Darstellung der Börgenschen Methode einfacher gehalten als in der Börgenschen Abhandlung, so daß die Analyse nun auch eher durch nicht rein mathematisch vorgebildete Personen durchzuführen ist. Die Zahl der untersuchten Tiden ist von 22 auf 32 erhöht, und der Einfluß der Störungen von allen 28 Nicht-Sonnentiden berechnet. Durch eine andere Auswahl der Zeiten des Summenverzeichnisses ist außerdem erreicht, daß trotz der Hinzunahme von weiteren 10 Tiden die unbefriedigenden mechanischen Arbeiten nicht größer sind als bei dem ursprünglichen Börgenschen Verfahren. Die Hessensche Arbeit bedeutet also einen wesentlichen Fortschritt.

Die zweite Veröffentlichung von *K. Hessen*: Über eine neue Methode, die harmonischen Konstanten der langperiodischen Tiden der Meereszeiten abzuleiten (*Annalen der Hydrographie* 1920, S. 441—455), gibt eine bemerkenswert bessere und kürzere Methode gegenüber der bisher einzigen zur Ableitung der langperiodischen Tiden bekannten Rechnungsart von *Darwin*. An mechanischer Arbeit ist die einmalige Aufschreibung der 365 Tagessummen der stündlichen Wasserstände erforderlich, die ohnehin bei der Ableitung der Konstanten der kurzperiodischen Tiden gebildet werden müssen. Die Zahl der untersuchten Tiden beträgt sieben gegen fünf bei *Darwin*. *Bruno Schulz.*

Von der chinesischen Mauer. (*F. G. Clapp*, Along and across the Great Wall of China; *The Geographical Review* 9, 221—241, 1920.) Eine von drei Amerikanern unlängst ausgeführte Begehung der chinesischen Mauer in ganzem möglichen Umfange bringt mancherlei Neues über dieses zu den ältesten Denkmälern der Erde gehörende Bauwerk. Das an der Liautungsbucht gegenüber Port Arthur beginnende, bis in das Richtfonggebirge im nordöstlichen Tibet deutlich verfolgbare und augenscheinlich noch weiter westwärts ins chinesische Turkestan reichende, China und die Mongolei scheidende Befestigungswerk stellt keinen einheitlichen Zug, sondern ein weitläufiges Maschenwerk vor, bestehend aus einem vorgeschobenen Hauptstrang, der „großen Mauer“, einer rückwärtigen „ersten Grenzmauer“ und mehr oder weniger rechtwinklig dazu verlaufenden Verbindungssträngen. Die Länge wird

von Clapp auf 3500 km, einschließlich der Verzweigungen auf 6300 km geschätzt. Der Baustoff wechselt mit der Gegend. In der Lößgegend ist die Mauer entweder aus diesem weichen Gestein herausgeschnitten und dann mit Stein verkleidet oder aus Löß aufgeschüttet, der in ein später wieder beseitigtes Formgerüst gefüllt, mit Wasser getränkt und gerammt wurde. Im Gebirge besteht sie aus sauber bearbeiteten bis $4\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{4} \times 1$ m messenden, bisweilen weit hergeholten Felsblöcken und aus schweren, augenscheinlich unter gewaltigem Mühenaufwand in die pfadlosen Berge herangeschleppten Backsteinen, die durch einen unverwundlichen Mörtel zusammengehalten werden. Die letzten setzen meist die zinnenbewehrte Krone, die ersten den Körper der Mauer zusammen. Die Höhe schwankt zwischen 7 und 18 m, die Grundfläche zwischen 5 und 8 m, die 4 und mehr Meter spannende Krone ist stellenweise zur Kraftwagenstraße geeignet. In mittleren Abständen von 200 m erheben sich 13

bis 20 m hohe Türme. Je nach Bauart, -stoff und -alter — die „erste Grenzmauer“ stammt aus dem 15. Jahrhundert n. Chr., die „große“ ist 2500 und mehr Jahre älter — wechselt der Erhaltungszustand. In großen Strecken unverändert, ist das Bauwerk innerhalb anderer verfallen, nur noch als wallartige Erhebung oder nur an den Türmen nachweisbar. Auch bestehen ausgedehnte Lücken. Im mittleren Teile branden die Flugsande der Wüsten Innerasiens nach völliger Verschüttung der „großen“ nun auch gegen die „erste Grenzmauer“ und setzen ein von Türmen und vereinzelt Zinnenreihen seltsam unterbrochenes Dünenmeer an ihre Stelle. Das Befestigungswerk nutzt die von der Natur gebotenen Verteidigungslagen vorzüglich aus. An seinen für das große ostasiatische Straßennetz offen gelassenen Toren haben sich charakteristische Verkehrsstädte entwickelt, deren bekannteste Kalgan, das „Tor zur Mongolei“ ist.

B. Brandt.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur.

Sitzung der naturwissenschaftlichen Sektion vom 17. Dezember 1920.

Demonstrationsversuch zum Schalldruck; von E. Waetzmann. Es wurde ein Versuch vorgeführt, der bei zwei Primärtönen von passendem Intervalle an einem Manometer die Entstehung eines Differenztones zeigt, wenn jeder Primärton für sich einen einseitigen Ausschlag des Manometers verursacht. Es wurde besonders auf die Schwierigkeiten in der Deutung des Zustandekommens der Überdrücke hingewiesen und besprochen, daß sich hier zwei Effekte überlagern. Weitere Versuche zur Klärung dieser Frage wurden in Aussicht gestellt. Eine Beschreibung des Versuches ist in der Physikalischen Zeitschrift 21, Heft 17, 1920 gegeben.

Die quantentheoretische Deutung der Dispersionskonstante; von R. Ladenburg. Es wird die Gesamtemission und die Gesamtabsorption einer Spektrallinie nach der klassischen Elektronentheorie einerseits und der Quantentheorie von Bohr-Einstein andererseits berechnet. So ergibt sich, daß an die Stelle der Zahl \mathfrak{N} der Dispersionselektronen pro Volumeneinheit der klassischen Theorie in der Quantentheorie das Produkt

$$N_i a_{k \rightarrow i} \frac{g_k}{g_i} \frac{c^3 m}{8 \pi^2 \nu_0^2 e^2}$$

tritt. Hier bedeutet N_i die Zahl der Atome im Zustande i , $a_{k \rightarrow i}$ die Zerfallszahl des Atoms, die die Wahrscheinlichkeit der spontanen Übergänge aus dem Zustand k in den Zustand i mißt; ferner ist ν_0 die beim Übergang $k \rightarrow i$ emittierte Frequenz, g_i bzw. g_k das „statistische Gewicht“ des Zustandes i bzw. k , m und e Masse und Ladung eines Elektrons.

Die obige Beziehung behält ihre Gültigkeit, auch wenn das Atom aus dem Zustand k neben dem Übergange nach i auch andere Übergänge nach h , g , f usw.

ausführen kann. Der Ausdruck $\frac{3 c^3 m}{8 \pi^2 \nu_0^2 e^2}$ hat in der klassischen Theorie die Bedeutung der „Abklingungszeit“ τ , in der die Amplitude eines linearen Oszillators mit den Konstanten e , m und ν_0 auf $\frac{1}{e}$ seines Anfangswertes sinkt.

Die bekannte Ganzzahligkeit des Verhältnisses der \mathfrak{N} -Werte für die Dublets der Hauptserie der Alkalien (z. B. ist dies Verhältnis nach den verschiedensten Untersuchungen der Emission, Absorption, anomalen Dispersion und Magnetorotation für die beiden D -Linien des Natriumdampfes gerade 2 : 1) beruht vermutlich auf der Ganzzahligkeit der relativen „Gewichte“, die in einfachem Zusammenhang mit den Quantenzahlen der Zustände stehen.

Die Abnahme der \mathfrak{N} -Werte mit steigender Gliednummer einer Serie (an der Balmerreihe des Wasserstoffs von Ladenburg, an der Hauptserie der Alkalien von Beran sowie Füchtbauer und Hofmann durch Dispersions- und Absorptionsversuche nachgewiesen) bedeutet nach der obigen Beziehung eine regelmäßige Abnahme der Zerfallszahl. Diese beruht darauf, daß aus einem Zustand um so mehr verschiedene Arten von Übergängen möglich sind, je größer die Gliednummer, und daß die fraglichen Übergänge, die dem größten „Sprung“ (dem größten $h\nu$ -Wert) unter allen aus dem betreffenden Ausgangszustand möglichen entsprechen, deshalb relativ selten sind. Dies entspricht Schlüssen, die kürzlich Bohr (Z. f. Phys. 2, 423, 1920) aus dem Korrespondenzprinzip gezogen hat, sowie Beobachtungen von Strutt (Proc. Roy. Soc. (A) 96, 272, 1919) über die Resonanz des mit dem 2. Glied der Hauptserie angeregten Natriumdampfes, und Versuchen von J. Stark und W. Wien über die „Leuchtdauer“ (Abklingzeit s. o.) der Wasserstofflinien von Kanalstrahlen. Diese Leuchtdauer ist im Sinne der hier entwickelten Überlegungen die Zeit, in der die Zahl der im Ausgangszustand der betreffenden Linie befindlichen Atome auf $\frac{1}{e}$ sinkt

(„mittlere Lebensdauer“), und dies ist der reziproke Wert der Zerfallskonstante a_k für den betreffenden Zustand. (Da die Übergänge aus k in i , h , g , f usw. sich ausschließende Ereignisse sind, ist

$$a_k = a_{k \rightarrow i} + a_{k \rightarrow h} + a_{k \rightarrow g} + a_{k \rightarrow f} \text{ usw.})$$

Der absolute Wert von \mathfrak{N} , den Ladenburg im Jahre 1912 für die mit elektrischen Schwingungen erzeugte $H\alpha$ -Linie gefunden hat, bezogen auf die Zahl der Wasserstoffmoleküle (Größenordnung 1 : 10 000) ist im wesentlichen die relative Zahl der dissoziierten und im Endzustand der Balmerreihe befindlichen erregten Atome (die der Quantenzahl 2 entsprechen), sie ergab sich in der Tat proportional der Stromamplitude und

steigend mit wachsendem Wasserstoffdruck. Der Absolutwert von \mathfrak{N} im Fall der D_2 -Linien ergibt sich aus Versuchen von *Gouy* nach Berechnungen von *Ladenburg* (Verh. d. D. phys. Ges. 16, 765, 1914) und nach *Fichtbauer-Hofmann* (Ann. d. Phys. 43, 96, 1914) nicht wesentlich kleiner als die Zahl der vorhandenen Natriummoleküle, mit der der Wert N_i unserer Gleichung (1) identifiziert werden darf. Das bedeutet, daß in diesem Fall das Produkt $a_k \rightarrow i \cdot \tau$ nahezu 1 ist, d. h. daß die „mittlere Lebensdauer“ dieser Atome, die Zeit, in der ihre Zahl auf $\frac{1}{e}$ sinkt, der Größenordnung nach gleich der klassischen „Abklingzeit τ “ ist, in der die

Amplitude eines Oszillators auf $\frac{1}{e}$ sinkt (etwa 10^{-8} Sek.). Es ist bemerkenswert, daß *W. Wien* in den oben genannten direkten Messungen an Kanalstrahlen dasselbe Ergebnis an den Wasserstofflinien der Balmerreihe gefunden hat.

Messung der Anfangsgeschwindigkeit und des Luftwiderstandes schnell fliegender Geschosse mittels ihrer Kopfwelle und registrierendem Galvanometer; von *Rudolf Ladenburg* (Sitzg. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur, 17. 12. 1920). Die Versuche, von denen hier berichtet wird, wurden bei der Artillerieprüfungskommission im Jahre 1918 auf verschiedenen Schießplätzen ausgeführt, zum Teil gemeinsam mit den Herren *E. v. Angerer*, *H. Rosenberg*, *G. Schultze* und *G. Thilo*. Sie wurden veranlaßt durch die Notwendigkeit, die Anfangsgeschwindigkeit besonders von Flachbahngeschützen im Feld in der Feuerstellung zu messen, und zwar womöglich während des normalen Schießens auch bei größeren Rohrerhöhungen. Hier versagt die übliche Methode mittelst Gitterrahmen und Le-Boulengé-Zeitmesser (vgl. z. B. *C. Cranz*, Lehrbuch der Ballistik Bd. 3).

Die hier verwendete Methode benutzt die Kopfwelle der mit Überschallgeschwindigkeit fliegenden Geschosse; die von ihr erzeugte Luftverdichtung, die als lauter „Geschößknall“ hörbar ist, wirkt auf Telephone oder Mikrophone, die in genau vermessenem Abstand aufgestellt mit einem registrierenden Edelmannschen Saitengalvanometer nach *Angerer-Wolff* verbunden sind (vgl. Bericht über Versuche der Art.-Prüf.-Komm. in Flandern, Über die Ausbreitung des Schalles in der freien Atmosphäre, von *R. Ladenburg* und *E. von Angerer*, Berlin, Reichsdruckerei, 1918). Dieser Apparat, i. f. Ballograph genannt, registriert durch die Ausschläge zweier Platinsaiten die auf die Telephone oder Mikrophone auftreffenden Luftverdichtungen (Knalle). Besondere Zeitmarken, von einer mit Stimmgabelunterbrecher betriebenen Heliumröhre erzeugt, erlauben scharfe Knalleinsätze auf 10^{-4} Sekunden genau abzulesen und Zeitunterschiede von 1–2 Zehntelsekunden auf 1–2 ‰ zu messen. Die Eichung erfolgte mit Pendelkomparator und elektrischen Kontakten einer Normaluhr. So konnten auch die Le-Boulengé-Apparate absolut geeicht werden. (Bei älteren Modellen ergaben sich so Fehler dieses auf allen Schießplätzen eingeführten Meßgeräts bis 1 %).

Gemessen wurde nun die Geschwindigkeit der Kopfwellsur in der Horizontalen, und daraus wurde mittelst einer besonderen Tabelle auf Grund einfacher Formeln die Anfangsgeschwindigkeit bestimmt. Der so gewonnene Wert gilt für einen leicht angebbaren Punkt der Geschößbahn, der von der Lage der Meß-

stellen abhängt. Zur Errechnung der Mündungsgeschwindigkeit v_0 muß die Geschwindigkeitsabnahme infolge des Luftwiderstandes und die Bahnkrümmung berücksichtigt werden. Der Windeinfluß ist im allgemeinen gering. Die Schallempfänger reagieren meist außer auf den Geschöß- auch auf den Mündungsknall, der beim Abfeuern durch den Stoß der Pulvergase auf die Luft entsteht. Mittelst der photographischen Registrierung kann auf diese Weise auch die Zeit gemessen werden, die der Mündungsknall bis zu den Meßstellen braucht, und dadurch seine Ausbreitungsgeschwindigkeit. Sie ergab sich stets kleiner als die normale, den Temperatur- und Windverhältnissen entsprechende Schallgeschwindigkeit ($c_t = 331 + 0,66 \cdot t$, vgl. *Ladenburg-Angerer* a. a. O.), und zwar um so mehr, je größer die Pulverladung. (Die „Voreilungszeit“ des Mündungsknalles vor einem normalen Schall wurde bei 35-cm-Geschützen zu 0,06 Sek. bestimmt.) Die Ursache ist die von *Wolff* (Ann. d. Phys. 68. S. 329, 1899) und *Ladenburg-Angerer* (a. a. O.) näher untersuchte Überschallgeschwindigkeit in der Nähe des Explosionszentrums. Dieselbe Erscheinung verhinderte bisher die Messung der v_0 in großer Nähe der Mündung, indem auch die Gitterrahmen von dem dem Geschöß voraneilenden Luftstoß der Explosion zu früh zerrissen werden. Es wurde deshalb hier nebenbei eine besondere Methode ausgearbeitet, bei der über die Rohrmündung eine kurze stromdurchflossene Spule geschoben wurde; in dieser induziert das vom Strom magnetisierte Geschöß im Austrittsmoment einen Induktionsstoß, der vom Saitengalvanometer scharf registriert wird.

Im ganzen wurden etwa 500 Schüsse in 30 Versuchsserien ausgewertet, wobei Kaliber zwischen 8 mm (Infanteriegewehr) und 35 cm (Langkanone) sowie Anfangsgeschwindigkeiten zwischen 370 und 820 m/s gemessen wurden. Bei Rohrerhöhungen bis 20° waren die Meßfehler höchstens 1 %, meist nur 2–3 ‰, wie durch besondere, geeignet angestellte Vergleichsversuche zwischen Boulengé und Ballograph festgestellt wurde. Bei größeren Rohrerhöhungen werden die Messungen naturgemäß weniger genau.

Schließlich konnte auch die Geschwindigkeitsabnahme längs der Flugbahn messend verfolgt werden, indem zwischen 50 und 800 m Abstand vom Geschütz genau in der Schußebene bis 8 Schallempfänger aufgestellt und ihre Ausschläge mit zwei Ballographen registriert wurden. So ergaben sich z. B. folgende Werte:

Abstand auf der Geschößbahn von der Mündung ...	58	142	291	437	606 m
Geschößgeschwindigkeit	586,7	580,3	566,6	555,4	542,6 m/sec
Reduzierte Anfangsgeschwindigkeit v_0	591,4	591,7	593,3	592,3	592,0 m/sec

Gleichzeitig ergab die direkte Messung mit Le Boulengé den nahe übereinstimmenden Wert 593,0. Aus derartigen Messungen konnte der Luftwiderstand und der „Formkoeffizient“ der verwendeten Geschosse mit praktisch hinreichender Genauigkeit berechnet werden. (Einzelheiten vgl. Zeitschrift f. techn. Physik I, S. 197, 1920.)

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 8. (Seite 121—152)

25. Februar 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Herkunft des Menschengeschlechts. Von *G. Steinmann, Bonn.* (Mit 1 Abbildung.) S. 121.

Die Abstammung des Menschen. Von *Th. Mollison, Breslau.* (Mit 10 Abbildungen.) S. 128.

Der Mensch als primitive Tierform. Von *M. Voit, Göttingen.* S. 140.

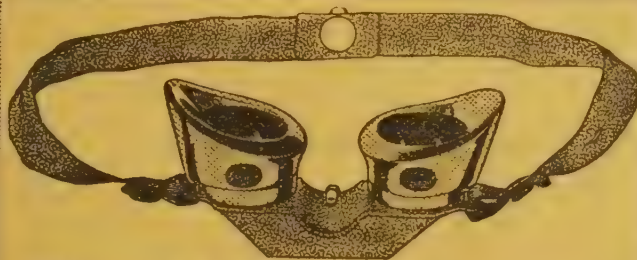
Der Ursprung des Intellektes. Von *K. Bühler, Dresden.* S. 144.

ZEISS

LUPEN

für

**Naturwissen-
schaftler und
Naturfreunde**



Binokulare-Lupen

**Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen**

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 9.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 2.50 für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52
10	20	30	40%

maliger Wiederholung

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Verlag von J. F. Bergmann in München und Wiesbaden

Der diluviale Menschenfund von Obercassel bei Bonn

Von

M. Verworn, R. Bonnet und G. Steinmann

Mit 28 Tafeln und 42 Textfiguren

1919. In Mappe M. 180.— (und Teuerungszuschläge)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

25. Februar 1921.

Heft 8.

Am 24. Februar 1921 sind fünfzig Jahre vergangen, seit *Darwin* sein Werk: „Die Abstammung des Menschen und die Zuchtwahl in geschlechtlicher Beziehung“ der Öffentlichkeit übergab¹⁾. Von der ungeheuren Bewegung, die dieses Buch innerhalb und außerhalb der Biologie hervorgerufen hat, können wir uns heute schwer eine richtige Vorstellung machen.

Die Lehre *Darwins*, in der breiteren Öffentlichkeit zu dem Satze vereinfacht und verzerrt, daß „der Mensch vom Affen abstamme“, wurde ebenso leidenschaftlich verteidigt wie bekämpft. Man verkettete sie als einen Angriff auf die Menschenwürde, eine Erschütterung des religiösen Weltbildes, und pries sie als Grundlage einer neuen Art, das Verhältnis des Menschen zur Welt zu sehen.

Heute ist die Haltung der Forscher zu den Fragen nach der Stellung des Menschen in der Welt der Lebewesen viel kühler geworden, es weht nicht mehr der Sturm des Kampfes um Weltanschauungsfragen durch die Diskussionen. An Belang haben sie aber nicht verloren, und so scheint es wohl gerechtfertigt, in einer Reihe von Aufsätzen zu zeigen, wie heute die Wissenschaft das Verhältnis des Menschen zum Tier in körperlicher und geistiger Beziehung auffaßt, und wie sie versucht, seinen Platz unter den Säugetieren, oder noch allgemeiner unter den Wirbeltieren, festzulegen.

Die Herkunft des Menschengeschlechts.

Von G. Steinmann, Bonn.

Mit seiner Schrift über die Abstammung des Menschen krönte *Darwin* vor 50 Jahren sein Lebenswerk. Hatten auch andere Forscher, wie *Haeckel*, *Huxley*, *Vogt*, *Büchner* schon vorher die letzten Folgerungen aus der Abstammungslehre gezogen und den Menschen unbedingt in die natürliche Schöpfung mit eingereiht, so war doch das Eintreten des Begründers jener Lehre für die tierische Herkunft des Menschen ein nicht mißzuverstehendes Zeichen, daß die Wissenschaft hierin ein endgültiges Urteil gefällt hatte. Nicht nur für die Mehrzahl der Forscher, sondern auch für weite Laienkreise erschien das Problem endgültig erledigt, soweit das Grundsätzliche in Frage stand.

¹⁾ Das Vorwort der ersten Auflage ist nicht datiert, aber unter dem Vorwort der zweiten Auflage ist neben dem Datum für diese auch das für die erste angegeben, und zwar der 24. Februar 1871.

Die Forschungen eines halben Jahrhunderts haben daran auch nichts Wesentliches geändert, vielmehr konnten alle Fortschritte auf anatomischem, paläontologischem, embryologischem, physiologischem, ja auch auf psychologischem Gebiete die einmal gewonnene Grundlage nur noch mehr befestigen. Aber hinter dem allgemeinen Problem tauchten nunmehr verschiedene Fragen besonderer Art auf, die anfänglich hinter ihm zurückgetreten waren, weil man sie entweder mit dem allgemeinen Ergebnis im wesentlichen für gelöst hielt, oder weil noch die nötigen Grundlagen fehlten, um sie erfolgreich in Angriff zu nehmen. War doch damals der Neandertaler fast der einzige bemerkenswerte, aber von der Wissenschaft noch nicht hinreichend gewürdigte fossile Fund.

Als solche besondere Fragen, die heute im Vordergrund des Interesses stehen, wären zu nennen:

1. Wie weit reicht das Menschengeschlecht in die Vorzeit zurück (wobei natürlich der Begriff Mensch erst genauer, wenn auch willkürlich gegen den vormenschlichen Zustand abzugrenzen ist)?

2. In welchem Abstammungsverhältnis stehen die Menschenrassen zueinander und zu den heutigen und fossilen Menschenaffen?

3. Ist das Menschengeschlecht ein- oder mehrstämmigen Ursprungs?

4. Welche Vorfahrenreihe hat der Stamm des Menschen und der Menschenaffen durchlaufen? und wo und unter welchen Verhältnissen haben die Vorfahren gelebt?

Die Art und Weise, wie diese Fragen beantwortet werden, ist selbstverständlich von grundlegender Bedeutung für das richtige Verständnis des Menschen und der ihm nahestehenden Menschenaffen. Aber gerade diese besonderen, überaus wichtigen Fragen können unmöglich aus der fertigen Organisation dieser Wesen, auch nicht aus ihrer Keimesgeschichte endgültig gelöst werden, sondern nur aus ihren geschichtlichen Urkunden, den fossilen Resten. Heute sind wir von einer Lösung dieser Fragen aber viel weiter entfernt als man früher annahm, die gegensätzlichen Deutungen haben sich sogar immer mehr verschärft. Jeder neue fossile Fund, wie unvollkommen und unsicher er auch sein mag, gibt Veranlassung zu ausgedehnten Erörterungen in Hinblick auf jene Fragen, und jeder neue Gesichtspunkt, der in die Erörterung hineingetragen wird, ist geeignet, die Richtung der Deutungen zu verschieben. Diese immerfort tastenden Versuche erklären sich zur Genüge aus der überaus dürftigen Überlieferung der fossilen Reste, na-

mentlich solcher aus vordiluvialer Zeit. Sie tröpfeln so langsam und zufällig, daß keine Aussicht besteht, mit ihrer Hilfe in absehbarer Zeit zu endgültigen Ergebnissen zu gelangen. Wie spärlich sie eigentlich sind, können wir am besten ermessen, wenn wir bedenken, auf ein wie reiches Material die im einzelnen ja auch noch vielfach unsicheren Stammbäume der Pferde, Elephanten, Seekühe und anderer Säuger aufgebaut sind, die als die besten Beispiele für ermittelte Stammlinien gelten. Und doch ist auch ihre Vorgeschichte nur mehr oder weniger tief bis in die Tertiärzeit verfolgt worden, mit deren Beginn der Faden der Überlieferung fast ganz abreißt, obgleich ihre Vorgeschichte als Säuger doch tief in die mesozoische Zeit zurückreichen muß.

Innerhalb der Geschichte des Menschengeschlechts kann man aus praktischen Gründen drei Abschnitte unterscheiden, die natürlich nur willkürlich voneinander geschieden werden.

Der *erste* umfaßt die wirbellosen Vorfahren und die niedrigsten Stufen der Wirbeltierentwicklung bis zur Herausbildung des landbewohnenden Vierfüßlers. Unsere Vorstellungen von der Stufenleiter der Organisationen in diesem ersten Abschnitte gründen sich bis jetzt ausschließlich auf die Beschaffenheit und auf die Keimesentwicklung der heutigen Tiere, sie werden durch keine fossilen Funde von sicherer Deutung bestimmt, sind also rein theoretisch. Sie sollen daher auch für unsere Betrachtungen auscheiden.

Der *mittlere* Abschnitt begreift im wesentlichen die Herausbildung des Säugers aus dem niederen Vierfüßler und seine Umbildung bis zu einem Wesen, das als Vormensch oder als Vormenschenaffe bezeichnet werden kann. Hier verknüpft sich die Vorgeschichte des Menschen aufs innigste mit der Entstehung der Säuger aus Reptilien oder Amphibien im allgemeinen und mit der Frage nach dem stammesverwandtschaftlichen Verhältnisse der einzelnen Abteilungen der Säuger zueinander. Diese Wegstrecke läßt sich aber im Gegensatz zu der ersten nicht nur theoretisch, sondern auch induktiv erforschen, da aus dem Zeitraum vom Perm an bis etwa ins mittlere Tertiär, wohin man den Beginn der Vormensch- oder Menschenaffenstufe zu verlegen pflegt, mehr oder minder reiche Fossilfunde vorliegen. Sie gestalten nicht nur die theoretisch gewonnenen Vorstellungen zu kontrollieren, sondern ihre Reichhaltigkeit erlaubt sogar für gewisse Fragen einen selbständigen Aufbau der Stammesgeschichte. Da in diesem Abschnitte der Stammesgeschichte die Vorfahren des Menschen noch vollständig mit in dem Entwicklungsgange der Säuger überhaupt einbegriffen und denselben Gesetzen der Entwicklung und Umbildung unterworfen waren, wie jene, so dürften auch gewisse Rückschlüsse von den besser bekannten Phylogenien mancher Säuger auf die weniger gut bekannte Phylogenie des Menschen ein brauchbares Ergebnis zeitigen.

Für den *dritten* Abschnitt der menschlichen Stammesgeschichte, der uns hier nicht beschäftigen wird, kommen als positive Grundlagen die Fossilfunde von der mittleren Tertiärzeit an und das gesamte Material in Betracht, das die heutige Schöpfung liefert. Manche der hier auftauchenden Probleme werden aber auch durch die Ergebnisse des früheren Entwicklungsganges des Menschen sowie durch die Gesetzmäßigkeiten gefördert werden, die sich aus den Phylogenien der anderen Säuger ergeben.

Als man vor etwas über 50 Jahren unter der Führung *Haeckels* zum ersten Male eine genauere Vorstellung über den Stammbaum des Menschen zu gewinnen versuchte, konnte hierfür nur eine rein theoretische Grundlage in Frage kommen, da positives Material dafür fast ganz fehlte. Als eine unausweichbare Folgerung aus der Abstammungslehre überhaupt setzte man voraus, daß die Vorfahren des Menschen im Laufe der Zeit eine Reihe ähnlicher Organisationsstufen durchlaufen hätten, wie sie in der heutigen Schöpfung als Gruppen von verschiedener Organisationshöhe vorhanden sind: Amphibien, Reptilien, Monotremen, Beuteltiere, Insektenfresser, Halbaffen, Westaffen, Hundsaffen, Menschenaffen, Mensch. Dieses Schema wird auch heute noch von vielen Forschern als Grundlage für die Phylogenie des Menschen betrachtet. (Vgl. z. B. *Boas*, Phylogenie der Wirbeltiere in Kultur d. Gegenwart IV, 4, S. 530, 1914.) Dennoch ist dieses Vorgehen grundsätzlich anfechtbar. Die Schwäche liegt darin, daß den einzelnen Stufen in der Entwicklungsreihe vom Amphibium bis zum Menschen nicht nur die theoretisch geforderten physiologischen und anatomischen Merkmale der Weichteile zuerkannt werden, sondern daß damit auch die besonderen *Skelettmerkmale* der heute bestehenden Wirbeltiergruppen untrennbar verknüpft werden. Hiernach könnte also als Vorfahr des Menschen von der allgemeinen Organisationshöhe der Insektenfresser nur eine fossile Form in Betracht kommen, die auch den Habitus und die Skelettmerkmale der Insektenfresser besitzt, oder für einen solchen von der Organisationshöhe der Halbaffen eine Form mit den osteologischen Besonderheiten der Halbaffen. Diese Forderungen besitzen nun aber eine grundsätzliche Bedeutung für die Bewertung der fossilen Funde, die als Übergangsformen zwischen Reptil und Säuger oder als Mittelformen zwischen den einzelnen Säugergruppen innerhalb oder auch außerhalb der menschlichen Ahnenreihe in Betracht kommen. So sagt *Schlosser* (*Zittel*, Grundzüge d. Pal. II, 3. Aufl., S. 228) von den Cynodontiern, den säugerähnlichsten Reptilien der Trias, die mehrfach als Ausgangsgruppe für die Säuger angesprochen worden sind: „Aber die uns bekannten Reste der *Cynodontia* sind bereits zu hoch differenziert und in manchen Punkten mehr den *Ditremata* (d. h. den eigentlichen Säugern) ähnlich, als daß sie in direkten Zusammen-

hang mit den *Monotremata* gebracht werden könnten.“ Hier wird also die Monotremenstufe mit den Merkmalen der heutigen Vertreter als das nicht zu umgehende Zwischenglied zwischen Reptil und Säuger verlangt. Anderer Art sind die Einwände *Abels* gegen die Übergangsstellung dieser Reptilien. Er zählt zwar (Stämme d. Wirbeltiere, 1919, S. 422) bei den *Therocephaliern* (die die *Cynodontia* mit umfassen) 22 Merkmale auf, die sich unter den Säugern wiederfinden, allein: „Trotz dieser großen Zahl von Säugetiermerkmalen können die *Therocephalia* aus dem Grunde nicht als die Ahnengruppe der Säugetiere betrachtet werden, weil sie in wichtigen Merkmalen, wie im Bau des Gehirns und der Schädelkapsel, von den Säugetieren weit verschieden sind.“ Über diese Unterscheidungsmerkmale wird (S. 419) gesagt: „Die Schädelkapsel ist sehr klein und das Gehirn wenig differenziert gewesen.“ Da *Abel* im Gegensatz zu *Schlosser*, aber in Übereinstimmung mit anderen Forschern, sowohl die Monotremen als auch die Beuteltiere aus der Ahnenreihe der plazentalen Säuger ausschaltet (S. 710), so werden statt des Schlosserschen Einwandes Eigenschaften ins Feld geführt, die eher für als gegen die Übergangsnatur dieser Tiergruppe sprechen.

Man ersieht aus diesen Äußerungen, wie verschieden sich die einzelnen Forscher zu den wichtigsten fossilen Funden stellen, je nachdem sie eine bestimmte Ahnenreihe für die Säuger voraussetzen. Das alte Schema kann aber heute keine allgemeine Gültigkeit mehr beanspruchen, weder für den tieferen Teil des Stammbaums, noch auch für den höheren. Denn *Klaatsch* (Die Stellung d. Menschen im Naturganzen, — Die Abstammungslehre, 1911) will nicht nur die höheren Menschenaffen, sondern auch die Halbaffen aus der Vorfahrenreihe des Menschen gänzlich ausgeschaltet wissen, und ebenso *Abel* (l. c. S. 873 u. 877) die Halbaffen und die Westaffen.

Wenn das alte Schema ins Wanken geraten ist, so haben die Fortschritte der Paläontologie zweifellos wesentlich mit dazu beigetragen. Denn trotzdem die Zahl der fossilen Funde immer mehr angeschwollen ist, wenigstens für die Perm-Trias-Zeit einerseits, für die Tertiärzeit andererseits, so hat sich doch bis heute noch keiner derselben mit dem Schema zur Deckung bringen lassen; die positiven Funde haben die Theorie in keiner Weise bestätigt, und daher kommt hier der Ausspruch *R. Hertwigs* zur Geltung (Kultur d. Gegenwart IV, 4, S. 55, 1914): „Alle aus der Untersuchung der lebenden Organismenwelt abgeleiteten Spekulationen über Stammesgeschichte dürfen mit den positiven Ergebnissen der Paläontologie nicht im Widerspruch stehen.“

Trotz des gewaltigen Zuwachses an neuen und vielfach überraschenden Funden von fossilen niederen und höheren Vierfüßlern im Laufe der letzten 50 Jahre hat sich doch das Bild vom zeit-

lichen Entwicklungsgange der Säuger gegen früher kaum geändert. Zur Perm-Trias-Zeit eine Fülle landbewohnender Reptilien, von denen viele eine unverkennbare Hinneigung zum Säugertyp aufweisen. Allgemein wird daher die Entstehung der Säuger in diesen Zeitraum verlegt, wenn man auch bisher vergeblich nach dem „Ursäuger“ oder dem Urplazentalen gesucht hat. Dann folgt die Jura-Kreide-Zeit mit überaus dürftigen Urkunden der Säuger. Kleine, meist nur in Kiefern erhaltene Tiere, den Beuteltieren und Insektenfressern nahestehend, sind die einzigen Vertreter der Säuger von der Trias bis gegen Ende der Kreide. Erst mit dem Beginn des Tertiärs fängt das „Zeitalter der Säugetiere“ an. In rascher Folge erscheinen Vertreter der verschiedensten Ordnungen in Nordamerika, Europa und Südamerika, darunter viele mit primitiven Merkmalen, aber die meisten doch schon mit den Kennzeichen einer bestimmten Ordnung behaftet. Eine allen sonstigen Erfahrungen spottende explosionsartige Zerspaltung des Säugerstammes muß also gegen Ende der Kreide oder zu Beginn des Tertiärs stattgefunden haben. Wir erhalten das Bild eines Stammes, der vom Perm bis zum Ende der Kreide in dünner, gerader Linie aufsteigt, um sich plötzlich in ungemein zahlreiche, meist unter offenem Winkel abgehende Äste zu verzweigen: diese führen unter fortgesetzter rascher Zerspaltung zu der überaus mannigfaltigen Säugerwelt der jüngeren Zeiten.

Aus einer solchen raschen Zerteilung des Säugerstammes zur Tertiärzeit ergibt sich ein sehr verschiedenes Alter für die einzelnen Ordnungen. Die höheren Affen und der Mensch, die in ihrem Entwicklungsgange während der Tertiärzeit vom Insektenfresser an die Stufen der Halbaffen und Hundsaffen durchlaufen haben sollen, können erst ein Erzeugnis sehr junger Zeiten sein, während die Insektenfresser mit ihrer zentralen Stellung im Stammbaume eine weit zurückreichende Vorgeschichte aufweisen müßten. Es folgt aber weiterhin daraus, daß während der Tertiärzeit zahlreiche Zwischenstufen zwischen den jüngeren Säugergruppen und den älteren, aus denen sie hervorgegangen sind, gefunden werden müßten.

Es ist hier nicht der Ort, von den z. T. abenteuerlichen Erklärungen zu sprechen, die man für die wunderbaren Erscheinungen der explosiven Entfaltung des Säugerstammes zu geben versucht hat. Es möge vielmehr darauf hingewiesen werden, daß gegen die Tatsächlichkeit dieses theoretisch geforderten Vorganges von verschiedener Seite ernste Bedenken erhoben worden sind. Ich selbst habe (Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre, Leipzig 1908, S. 48 ff.) die Annahme solch explosiver Entwicklungen als mit den sicher festgestellten Umbildungsvorgängen in offenem Widerspruch stehend bekämpft. Später hat sich *Stehlin* (Über d. Säugetiere d. Schweiz. Böhnerzform. — Verh. Schweiz. naturf. Ges. 1910, S. 23 ff.) in ähnlichem

Sinne ausgesprochen und dabei betont, daß die beobachtbaren Beschleunigungen der Umbildung sich doch auf sehr lange Zeiträume verteilen. „Sie mit Explosionen zu vergleichen, wäre eine maßlose Übertreibung.“ Diese Vorstellung ist eben auch durch die Fortschritte der paläontologischen Forschung in ihren Grundlagen erschüttert worden. Denn je mehr alttertiäre Säuger man gefunden hat, um so deutlicher hat sich herausgestellt, daß die geforderten Übergangsglieder zwischen den einzelnen Ordnungen, Unterordnungen und Familien fehlen oder doch viel zu spärlich vorhanden sind, als daß sie die Theorie bewahrheiten könnten. Statt der *generalisierten* Typen, die man erwartet hatte, fand man fast immer nur *spezialisierte*, ja man wurde nachträglich auch vielfach an der generalisierten Natur von Formen irre, die früher derart gedeutet waren.

So kannte man z. B. von der stark spezialisierten Ordnung der Fledermäuse bis vor kurzem die ältesten Reste aus dem Mitteleozän, und bei einigen davon fanden sich Merkmale angedeutet, die ein Zusammenlaufen verschiedener Gruppen im Untereozän wenigstens als möglich erscheinen ließen. Der neueste Fund *Matthews* (A Paleocene Bat. — Bull. Amer. Mus. Hist. 37, 1917, 569) aus den Wasatchschichten des Untereozäns ist aber mit dieser Annahme gänzlich unvereinbar. Denn weit davon entfernt, einen generalisierten Typus vorzustellen, gehört er vielmehr ganz ausgesprochenermaßen einer ganz bestimmten, spezialisierten Familie der Fledermäuse, den *Phyllostomatiden*, an. Wir müßten also wohl schon sehr weit ins Mesozoikum, wohl bis zum Jura, zurückgreifen, um zu einer gemeinsamen Ausgangsform für alle Fledermäuse zu gelangen, und noch weiter zurück müssen wir die Übergangsformen suchen, die zu der allgemein angenommenen Stammgruppe der plazentalen Säuger, zu den Insektenfressern, hinüberführen.

Unsere heutigen Kenntnisse von der Geschichte des Primatenstammes zur Tertiärzeit führen zu einem ganz ähnlichen Ergebnisse. Aus dem ältesten Abschnitte der Tertiärzeit, dem Eozän, kennen wir jetzt etwa 25 Gattungen mit rund 60 Arten. Eine so weitgehende Zersplitterung bei den ältesten uns bekannten Funden veranlaßte den sorgfältigen Beobachter und umsichtigen Phylogenetiker *Stehlin* zu dem Schlusse (Abh. Schweiz. Pal. Ges. 51, 1915/16, S. 1543): „Offenbar hat also die Primatenordnung, welche einst als ein besonders spätes Schöpfungsprodukt galt, im Eozän schon eine lange Geschichte hinter sich. Wir können dem Schlusse nicht mehr ausweichen, daß sie mit einer Mehrheit von Wurzeln ins Mesozoikum zurückreicht.“

Zu dem gleichen Ergebnis führt aber auch die Entfaltung vieler anderer Säugergruppen zur älteren Tertiärzeit. Nicht nur sind die Gruppen

schon voneinander fast ebenso geschieden wie heute, es sondern sich auch schon innerhalb der Ordnungen einzelne, durch besonders abweichende Merkmale scharf geschiedene Stämme von der Mehrzahl ihrer nächsten Verwandten ab. Beispielsweise unter den Halbaffen der Stamm des Fingertiers (*Chiromys*) mit seinem nagerartigen Gebiß, der schon im ältesten Eozän von allen anderen Halbaffen streng geschieden bestand. Oder der Nilpferdstamm, dessen ältester Vertreter (*Coryphodon*) im älteren Eozän allen schweineartigen Tieren ebenso fremd gegenüberstand wie heute. Die verhältnismäßig sehr geringen Änderungen, die solche Formen während der ganzen Tertiärzeit erfahren haben, deuten im Verein mit ihrer isolierten Stellung auf ein sehr hohes Alter für die Zerlegung des Säugerstammes. Legen wir unseren Vorstellungen über die Entwicklung des Säugerstammes in vortertiärer Zeit die Erfahrungen zugrunde, die sich aus der gut bekannten Umbildung und Zerteilung der Säuger während der Tertiärzeit ergeben, so erhalten wir an Stelle des kurzen und breiten Fächers mit stark auseinanderweichenden Strahlen, wie er gewöhnlich vorgestellt wird, das Bild eines *langen Keiles mit ganz allmählicher Zuspitzung nach unten* und mit sehr geringer Strahlendivergenz. Nicht in der jüngeren Kreide, nicht im Jura, frühestens in der Trias nähern sich die Strahlen einander so weit, daß sie zu den einzelnen Ordnungen zusammenlaufen, und wenn wir hiernach den gemeinsamen Ausgangspunkt für die Säuger überhaupt zu ermitteln versuchen, so werden wir nicht nur bis zum Perm, sondern auf vorpermische Zeiten zurückgewiesen. An diesem Ergebnis vermag auch die Tatsache nichts zu ändern, daß die mesozoische Entwicklung des Säugerstammes so ungemein dürtig überkommen ist, denn das ist nur eine Besonderheit der *geologischen Überlieferung*, die mit dem *Entwicklungsvorgange* selbst in keinem ursächlichen Zusammenhange steht.

Für die Stammesgeschichte der Säuger wie für die der Vierfüßler überhaupt bedeutet die Perm-Trias-Zeit einen besonders wichtigen Abschnitt. Denn hier tritt uns zum ersten Male im Verlaufe der Erdgeschichte eine kaum übersehbare Fülle von landbewohnenden Vierfüßlern entgegen. Darunter befinden sich einerseits Formen, die mehr oder minder deutliche Beziehungen zu den heutigen Amphibien und Reptilien aufweisen und die mit diesen zusammen als echte oder *Orthoreptilia* (bzw. *Orthoamphibia*) bezeichnet werden können, unbeschadet ihres zweifellos vielstämmigen Ursprungs. Andererseits begegnet man darunter zahlreichen Gestalten, die sowohl in gewissen Merkmalen des Skeletthaues wie in ihrer Lebensweise den höheren Vierfüßlern, den Vögeln und Säugern sich annähern. Zusammenfassend werden sie als *Metareptilia* oder abgewandelte Reptilien bezeichnet. Was von ihnen zum Vogeltypus hinneigt, geht uns hier nichts an, nur

die säugerähnlichen Formen kommen in Betracht¹⁾).

Was an diesen „ausgestorbenen“ Reptilien in stammesgeschichtlicher Beziehung vor allem auffällt, ist, daß sich Säugermerkmale bei zahlreichen sonst sehr verschiedenartig gestalteten Formen einstellen und daß diese Merkmale sich scheinbar ganz gesetzlos bei ihnen verteilt und verknüpft finden. Am deutlichsten tritt das bei den *Therocephaliern* hervor, von denen eine größere Zahl von Vertretern und viele davon verhältnismäßig vollständig bekannt geworden sind. Es waren Tiere vom Aussehen und zweifellos auch von der Lebensweise der Raubsäuger, an Größe zwischen Marder und Tiger schwankend. Säugermerkmale finden sich im Gebiß, in der Kiefergelenkung, im Bau des Unterkiefers und des Schädels, im Bau des Schulter- und Beckengürtels sowie der Gliedmaßen u. a. m., erstrecken sich somit auf den ganzen Körper. Dabei geht die Übereinstimmung mit den Raubsäufern in manchen wichtigen Merkmalen erstaunlich weit: z. B. in der Bezahnung. Nicht nur ist das Gebiß in Schneide-, Eck- und Backzähne gegliedert, es treten auch dreihöckerige Backzähne und ein Zahnwechsel auf, wie bei den Raubsäufern. Man kann sich kaum einen vollständigeren Übergang vom Reptil zum Säuger innerhalb der Raubtierfazies vorstellen, als er hier vorgezeichnet ist, wenn man die Gesamtheit der Merkmale ins Auge faßt. Die Säugermerkmale sind aber derart diffus verteilt und bald mit diesen oder jenen

¹⁾ Die Systematik dieser säugerähnlichen Übergangsformen ist einigermassen verwirrt, zumal da mit ihnen auch vielfach Formen zusammengefaßt sind, die nur Beziehungen zu *Orthoreptilien* oder zu *Dinosauriern* aufweisen, wie die *Pelycosauria* und manche *Cotylosauria*. Schlosser gruppiert (Zittel, Grundzüge, 1918) wie folgt:

Ordnung Theromorpha

- | | | |
|-----------------|--------------------------|------------|
| 1. Unterordnung | <i>Cotylosauria</i> | Therapsida |
| 2. „ | <i>Pelycosauria</i> | |
| 3. „ | <i>Therocephalia</i> | |
| 4. „ | <i>Gorgonopsia</i> | |
| 5. „ | <i>Cynodontia</i> | |
| | (= <i>Theriodontia</i>) | |
| 6. „ | <i>Deinocephalia</i> | |
| 7. „ | <i>Dromasauria</i> | |
| 8. „ | <i>Anomodontia</i> | |

Abel begrenzt die Ordnungen enger und faßt meist nur Säugerähnliche in seiner Ordnung *Theriodontia* zusammen:

Ordnung Theriodontia

- | | |
|-----------------|---|
| 1. Unterordnung | <i>Therocephalia</i> (inkl. <i>Cynodontia</i>) |
| 2. „ | <i>Dromasauria</i> |
| 3. „ | <i>Dinocephalia</i> |
| 4. „ | <i>Dicynodontia</i> (= <i>Anomodontia</i>) |

Ich bediene mich im nachfolgenden der Bezeichnungen Abels (Stämme d. Wirbelt., 1919). Die Zusammenfassung mehrerer Unterordnungen zu einer Ordnung der *Theriodontia* bedeutet in Wirklichkeit keinen stammesgeschichtlichen Zusammenhang (von diesem wissen wir nichts), sondern nur, daß bei ihnen unabhängig voneinander Säugermerkmale zur Ausbildung gelangen. Die *Theriodontia* sind eine *Stammgarbe* im Sinne von Wilckens.

Reptilmerkmalen verknüpft, daß es ganz unmöglich erscheint, die verschiedenen Vertreter auf eine gemeinsame Ausgangsform zurückzuführen. Ebenso beschreitet jeder einzelne den Weg zum Säuger unabhängig vom andern: *soviel Formen, soviel selbständige Übergänge*. Bestände nicht heute noch die gebundene Marschrute vom Reptil über mindestens den Insektenfresser zum Säuger (die übrigen Zwischenstufen sind ja, wie wir gesehen haben [S. 123], vom einen oder anderen Forscher schon aufgegeben), und wurzelte nicht die überkommene, nie bewahrheitete Vorstellung von der monophyletischen Abstammung der Säuger schwer ausrottbar in der Wissenschaft, so müßte man auf diesen Fall als auf ein Musterbeispiel für den Übergang aus einer niederen Organisationsstufe in eine höhere innerhalb eines Stammes verweisen.

Unter die *Therocephalia* wird auch ein stark abweichender Typus gerechnet, der zwar wie diese große Eckzähne, aber breite, höckerige *Mahlzähne* besitzt und ein Pflanzenfresser war. Diese Merkmale sowie der breite niedrige Schädel lassen diese Form nicht als ein Übergangsglied zu den Raubsäufern, sondern zu den Huftieren, insbesondere zu dem *Amblypoden Coryphodon* erscheinen, der seinerseits als Vorläufer des Nilpferdes zu gelten hat. So sehen wir, ganz unabhängig und getrennt von dem Raubtierstamme, einen Huftierstamm aus den *Therocephaliern* entspringen.

Wiederum durchaus verschieden von allen *Therocephaliern* sind die Vertreter der kleinen Unterordnung der *Dromasauria*. Kleine Gestalten mit langen schlanken Gliedmaßen, mit einem langen Schwanz und mit einem sehr eigenartigen Kopfe. Dieser ist kurz und gedrungen, niedrig gewölbt und enthält nur neun gleichartige Zähne in jeder Kieferhälfte. Sein auffallendstes Merkmal besteht aber in der ungewöhnlichen Größe der Augenhöhle, die fast die halbe Länge des Schädels einnimmt und fast der ganzen Höhe desselben gleichkommt, so daß die Augenhöhlen nur durch eine schmale Knochenbrücke auf dem Schädeldach getrennt sind. Eine solche Vereinigung von Merkmalen treffen wir unter den Säugern nur bei den Halbaffen wieder, unter denen besonders die *Lemuren* und noch vollständiger der jetzt von ihnen abgetrennte Flattermaki (*Galeopithecus*) die Vereinigung der beiden Merkmale (Zahnzahl und sehr stark vergrößerte Augenhöhle) aufweisen.

Bevor wir die dritte Unterordnung, die *Dinocephalia*, auf ihre Beziehungen zu den Säugern prüfen, möge noch eine jetzt nicht zu den *Theriodontiern* gerechnete Form berührt werden, die wegen ihrer ausgesprochenen Zwischenstellung bald zu den Reptilien, bald zu den Säugern verwiesen worden ist, die jetzt zumeist als ein Glied der ausgestorbenen Abteilung der Beuteltiere, der *Allotheria*, betrachtet wird. Der zwar nur unvollständig bekannte Schädel von *Tritylodon* aus

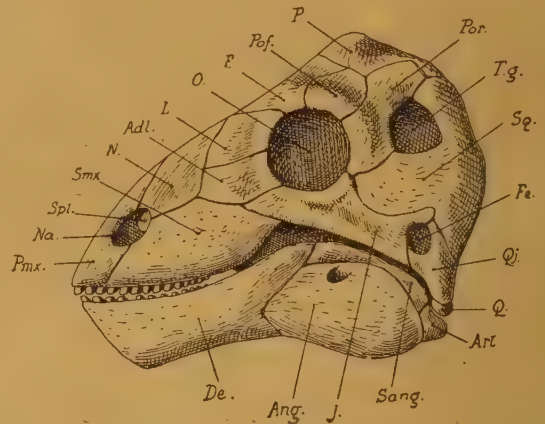
der obersten Trias Südafrikas und Europas vereinigt nach *Petronievics*, der ihn neuerdings (Ann. u. Mag. Nat. Hist. 20, 1917, S. 301) wieder untersucht hat, die Reptil- und Säugermerkmale in folgender Weise: Als *Reptilmerkmale* haben zu gelten: Getrennte Nasenlöcher, Vorhandensein des Präfrontale, Ausschluß des Frontale von der Augenhöhlenbegrenzung. *Säugermerkmale* sind: Geteilte Backzahnwurzeln, vielhöckerige Zähne, gerade und parallele Zahnreihen und das Fehlen des Postfrontale. Im übrigen zeigt der Schädel ausgesprochenermaßen den Typus des Nagers. Ein Paar großer Schneidezähne, dahinter ein Paar verkümmern, wie bei den heutigen duplicidentaten Nagern (Hasen), eine weite Lücke bis zu den Mahlzähnen. Diese sind von quadratischem Umriß und besitzen drei Reihen von Höckern, wie sie den *Multituberculaten* (= *Allotheria*) zukommen. Aber die Gesamtheit dieser Merkmale trifft man unter jüngeren Säugern bei den Nagetieren wieder, z. B. bei *Pseudosciurus* aus dem Oligozän mit drei Höckerreihen auf den Mahlzähnen, mit dem niedrigen Schädel und der abgestutzten Schnauze. Ein Unterschied liegt wesentlich nur in den Reduktionen der Schneide- und Mahlzähne, d. h. in einem Vorgange, der bekanntlich bei den verschiedensten Säugern im Laufe der Zeit eingetreten ist. So dürfen wir *Tritylodon* als einen im Übergange begriffenen Vorfahren der Nager, insbesondere der *Pseudosciurinae* betrachten.

Wenn sich nun, wie wir gesehen haben, ergibt, daß zu der Zeit der Trias, wo den früheren Betrachtungen zufolge die einzelnen Stämme der Säuger schon getrennt voneinander bestanden haben sollten, unverkennbare Übergänge zu verschiedenen, weit voneinander getrennten Säugergruppen, wie Raubtieren, Huftieren, Halbaffen und Nagern gefunden werden, so drängt sich unwillkürlich die Frage auf: sollten zu jener Zeit nicht auch schon Vertreter der höheren *Primaten* in einem ähnlichen Übergangsstadium vorhanden gewesen sein? Und an welchen Merkmalen würden wir sie als solche erkennen können?

Klaatsch, der ja auch die höheren *Primaten* tief in die Vorzeit zurückreichen lassen möchte, hat gemeint (Stellung d. Menschen i. Naturganzen — Die Abstammungslehre, 1911), man würde diesen Stamm nur schwer aus der Fülle indifferenter Formen der früheren Vorzeit herauserkennen. Die geschilderten Übergangsformen zeigen aber, daß gerade die bezeichnenden Merkmale der einzelnen Sägertypen schon sehr früh, auf der Reptilstufe, sich auszugestalten begannen, und hiernach dürften wir annehmen, daß das gleiche auch für den Stamm der höheren *Primaten*, somit auch für den Menschen und die Menschenaffen zutrifft; es fragt sich nur, ob derartige Funde zufälligerweise schon gemacht sind. Das Bezeichnende im Schädelbau (und Schädel-funde kommen in erster Linie in Betracht) würden wir zu erblicken haben in der Verkürzung

des Gesichts- und in der Aufwölbung des Hirnschädels sowie in der geschlossenen gleichartigen Bezahnung.

Ein solcher Typus findet sich nun in der Tat in der Unterordnung der *Dinocephalia*, insbesondere bei *Delphinognathus*, dessen Schädel sehr gut bekannt ist (siehe Figur). Er besitzt etwa die Höhe eines Menschenkopfes und ist hochgewölbt, ladet auch deutlich etwas nach hinten aus, wenn auch nicht so stark wie bei einem anderen Vertreter dieser Gruppe, bei *Tapinocephalus*. Die stark verkürzte Schnauze steigt steil (etwa unter 45°) und ziemlich gleichmäßig zum Hirnschädel auf. Die Zähne sind gleichartig und stehen in geschlossener Reihe; ihre Zahl ist zwar erheblich, 14 in jeder Kieferhälfte, aber eben deshalb läßt sich die geringere Zahnzahl der höheren *Primaten* ohne Schwierigkeit davon ableiten. Die scharf umgrenzten, kreisförmigen Augenhöhlen von nicht sehr großem Durchmesser passen durch-



Ergänzter Schädel von *Delphinognathus conocephalus* Seeley, in $\frac{1}{2}$ nat. Gr. Perm. Südafrika. Nach Abel.

aus zum höheren *Primaten*; sie sind in diesem Übergangsstadium noch nicht nach vorn, sondern nach der Seite gerichtet. Eine Kinnplatte ist deutlich entwickelt; sie weicht unter etwa 45° nach unten zurück, setzt gegen den Unterrand scharfeckig ab und verleiht auch dem Unterkiefer außer seiner Höhe unbestreitbar den Habitus des höheren *Primaten*. In ähnlicher Ausbildung kommt die Kinnplatte sonst wohl nur noch bei gewissen Raubsäugern (wie den *Machairodinen*) vor, aber hier stets nur in Verbindung mit starken Eckzähnen.

So stempeln die Merkmale des Schädels *Delphinognathus* zu einem Prototyp der höheren *Primaten* auf der Übergangsstufe vom Metareptil zum Säuger. Eine weitere Fortbildung der hier angebahnten Eigentümlichkeiten kann zu keinem anderen Endergebnis führen als zu einem Menschen oder Menschenaffen, vielleicht auch noch zum höheren Hundsaffen. Am meisten an den Menschen erinnert das völlige Fehlen stärkerer Eckzähne, die den übrigen höheren *Primaten* zu-

kommen. Das allein darf aber nicht ausschlaggebend sein für die Feststellung der stammesgeschichtlichen Beziehungen. Denn die Eckzähne können, wie *Klaatsch* betont hat, sehr wohl *nachträglich* erstarkt sein.

Es würde zu weit führen und dem Zwecke dieser Darstellung nicht entsprechen, wollte ich auch die sonst noch bekanntgewordenen Reste von ähnlichen Vertretern der *Dinocephalia* zu einem Vergleiche heranziehen, da sie nur wenig mehr ausgeben können, als was der Schädel von *Delphinognathus* leistet. Vielmehr möchte ich als Gesamtergebnis folgendes herausheben:

Es läßt sich zum mindesten wahrscheinlich machen, daß verschiedene Gruppen von landbewohnenden Metareptilien der Perm-Trias-Zeit, die fast ausschließlich in Südafrika gelebt haben und unter der Sammelbezeichnung *Theriodontia* vereinigt werden, sich zu Landsäugetern von ganz ähnlichem Habitus und wesentlich gleicher Lebensweise unabhängig voneinander umgewandelt haben. Die Wahrscheinlichkeit dieses Vorganges wird noch durch die Tatsache gestützt, daß auch für viele andere Metareptilgruppen der gleiche Versuch erfolgreich unternommen werden konnte, so für die drei Gruppen von Meersäugetern, deren Nachkommen in den Waltieren jüngerer Zeiten fortlebend gedacht werden (siehe: *Steinmann*, Die geol. Grundlagen d. Abstammungsl. 1908, S. 235 ff.), und für gewisse Gruppen der *Dinosauria*, als deren Nachkommen die Faultiere und Gürteltiere ermittelt wurden (*Steinmann*, Zur Abstammung der Säuger. Zeitschr. f. induct. Abstammungslehre 2, 1909, S. 65 ff.). Wo das Material es gestattete, konnte zugleich als ebenso wahrscheinlich erwiesen werden, daß nicht nur die Ordnungen gesondert aus der Reptilstufe in die Säugerstufe übergeführt wurden, sondern daß sich die Umbildung auch innerhalb der Ordnungen und Unterordnungen auf mehreren Linien vollzogen hat. Fassen wir im besonderen das Beispiel der Raubtiere ins Auge, wo auf der Metareptilstufe schon eine breite Front in Umwandlung begriffener Formen bestanden hat, die man sich einzeln in die Säugerstufe fortsetzend vorstellen darf, so besitzt die Annahme durchaus nichts Befremdliches mehr, daß der zu den Menschenaffen und zum Menschen führende Stamm in seiner Entwicklung von den gleichen Gesetzmäßigkeiten beherrscht gewesen ist, daß also ein geschlossener Stamm zur Metareptilstufe zurückführt, ohne den morphologischen Umweg über irgendeine andere Säugergruppe, auch nicht über die angeblich unvermeidlichen Insektenfresser. Wir wollen diesen Stamm mit Einschluß seiner reptilischen und amphibischen Ahnenreihe *Anthropotheria* nennen, entsprechend den Bezeichnungen, die ich für andere Reptil- und Säugerstufe umfassende Stämme oder Stammgarben vorgeschlagen habe (Raubtierstamm—*Harpagotheria*, Faultierstamm—*Bradytheria*, Gürteltierstamm—*Thoracotheria* usw.).

Wollen wir die Eigenarten der heutigen *Anthropotherien*, also der Menschen und Menschenaffen richtig verstehen, vor allen Dingen auch begreifen, warum die bezeichnenden Merkmale so fest in ihrer Organisation verankert sind, so brauchen wir uns nur die Vorgänge zu verdeutlichen, die sich in der frühesten Entwicklung des Stammes nach den hier vorgezeichneten Umständen abgespielt haben: Gegen Ende der Karbon- und zu Beginn der Permzeit haben zahlreiche niedrigste Vierfüßler auf der Entwicklungsstufe der Amphibien (die sog. *Stegocephalen*) ihre frühere überwiegend aquatile Lebensweise mit dem dauernden Aufenthalte auf dem trockenen Lande vertauscht, wozu sie wohl durch klimatische Änderungen und durch geologische Vorgänge gezwungen wurden. Eine gewaltige Fülle von neuen, bis dahin für sie verschlossenen Lebensbedingungen wurde ihnen dadurch eröffnet. Abgesehen von den verschiedenartigen Möglichkeiten der Fortbewegung (auf weichem sumpfigen, auf sandigem, auf grasbewachsenem, auf steinigem Boden, auf Felsen, auf Sträuchern und Bäumen) wirkte die Möglichkeit der Nahrungsaufnahme in erster Linie bestimmend auf ihre Lebensgewohnheiten ein, die allerdings bis zu einem gewissen Grade schon durch die vorhergehende amphibische Lebensweise gebunden vorgezeichnet waren. Sie verschafften sich ihre Nahrung teils aus dem Pflanzenreiche, indem sie weiche Kräuter oder Gräser oder harte Pflanzenteile, auch Wurzeln und Samen, kriechend, grabend, springend, sich gelegentlich oder häufiger aufrichtend, kletternd, flatternd und fliegend suchten.

Ebenso diente ihnen das Tierreich zur Nahrung, wobei Tierformen von der verschiedensten Art und Lebensweise die Art der Nahrungsaufnahme und die Art der Fortbewegung bestimmten. So konnten die Organe der Bewegung, des Erfassens, der Zerkleinerung und der Verdauung der Nahrung nach den verschiedensten Richtungen ausgestattet und durch Wechsel der Gewohnheit unter Umständen auch wieder umgestaltet werden, wenn auch in der Regel die einmal eingeschlagene Richtung, schon weil sie zusagend und bequem geworden war, in gerader Linie weiter verfolgt, die Leistungen der Organe immer mehr gesteigert und die Organe und Gewohnheiten andauernd gestärkt wurden. Eine dieser Möglichkeiten bestand darin, die Nahrung, sowohl pflanzliche wie tierische, an Stauden, Büschen und niederen Bäumen zu suchen und hierbei den Körper zunächst vorübergehend, dann häufiger aufzurichten, ohne aber dabei etwa eine sehr schnelle oder hüpfende Art der Fortbewegung anzunehmen, wie sie von den hüpfenden *Dinosauriern* geübt wurde. Die Besonderheit dieser Lebensweise bestand darin, daß die Vordergliedmaßen von der Fortbewegung mehr oder weniger entlastet, für das Ergreifen, auch für die Zerkleinerung der Nahrung frei wurden, und daß

infolge dieser Betätigung und der mehr oder weniger aufrechten Haltung die Sinne, besonders der Gesichts-, Gehör- und der Tastsinn sehr stark entwickelt und das zentrale Nervensystem dementsprechend in überragendem Maße ausgebildet wurde. Das alles vollzog sich schon auf der Stufe des Metareptils. Die besonderen Lebensgewohnheiten und die daraus fließende Organisation waren das Ursprüngliche, sie sind auch mit all ihren Folgeerscheinungen das Wesentliche ihrer Organisation geblieben. Die *Organisationshöhe* dagegen wandelte sich infolge der allgemein gesteigerten Nahrungsaufnahme und Lebenstätigkeit erst sekundär aus der reptilischen in die mammalische, wie in zahlreichen anderen Fällen mit abweichender Lebensweise. (Vgl. *Steinmann*, Geol. Grundl. d. Abstammungsl. S. 211 ff.)

Die Grundzüge der am Schlusse der paläozoischen Zeit erworbenen Lebensweise und Organisation hat der Anthropotherienstamm beibehalten und in der Richtung zum Menschen und zu den Menschenaffen weitergebildet, wobei augenscheinlich überwiegend kletternde Lebensweise im Hochwalde den Menschenaffen, überwiegend aufrechte Fortbewegung im Buschwalde, in der Savanne oder Steppe den Menschen gestaltete. Wann und wie sich diese Zerlegungen vollzogen, können wir aus Mangel an positiven Tatsachen nicht einmal ahnen. So bleibt denn auch heute noch weiter Spielraum für Hypothesen über das stammesgeschichtliche Verhältnis beider zueinander. Für die viel erörterte Frage nach der ein- oder mehrstämmigen Herkunft des Menschen kommen außer der vergleichend anatomischen Grundlage noch Analogieschlüsse in Frage aus den besser bekannten Phylogenen anderer Wirbeltiere und der Wirbellosen. Bei diesen haben die immer tiefer eindringenden Untersuchungen zu dem Ergebnis geführt, daß alle systematischen Kategorien von der Gattung aufwärts bis zu den Klassen vielstämmigen Ursprungs sein können. Ganz besonders hat sich aber die Gattung im weiteren (Linnéschen) Sinne in so zahlreichen Fällen als nicht einheitlich in genetischer Beziehung erwiesen, daß es durchaus unbegründet erschiene, diese Möglichkeit für die Gattung *Homo* leugnen zu wollen.

Mit der hier behandelten Frage nach der Herkunft des Menschengeschlechts verknüpft sich aufs innigste die andere: wo hat der Anthropotherienstamm, wo haben die Vorfahren des Menschen gelebt? Die Dürftigkeit sicherer Anhaltspunkte gestattet nur einige kurze Feststellungen und Bemerkungen.

Zur Perm-Trias-Zeit haben die Metareptilien, die ich als Vorfahren der höheren Säuger, im besonderen der Raubtiere, Nager, Huftiere, Primaten betrachte, fast ausschließlich in Südafrika und wohl auch noch in anderen Gegenden des Gondwanafestlandes gelebt, von dem Südafrika einen Teil bildete. Nur vorübergehend konnten sowohl zur Perm- wie zur Triaszeit vereinzelte

Vertreter bis nach Nordrußland und bis nach Mitteleuropa und Schottland vordringen. Über ihren späteren Verbleib zur Jura- und Kreidezeit wissen wir noch nichts, und deshalb wird diese ganze reiche Tierwelt auch heute noch von vielen Forschern als vollständig erloschen aufgefaßt. Die modernen Gestalten der Landsäuger erscheinen dann ganz spärlich schon gegen Ende der Kreidezeit, reichlich aber mit Beginn des Tertiärs im Westen Nordamerikas. Sie sind sicher nicht von Osten, auch nicht von Süden gekommen; nur im Westen oder im Norden kann das Wohngebiet ihrer Vorfahren gelegen gewesen sein. Wahrscheinlich befand es sich im Bereiche des Nordpazifik, sonst hätten sich wohl schon irgendwelche Spuren jener Säuger auf den heutigen Festländern gefunden. Während der Tertiärzeit gelangen mehrere Male neue Einwandererwellen in den nordamerikanischen Westen und von dort nach Europa und Westasien, aber Vertreter der Anthropotherien befinden sich nicht darunter. Eine zweite Richtung der Einwanderung neuer Säugertypen zeigt sich besonders zur mittleren und jüngeren Tertiärzeit in Indien und Ostasien und erstreckt sich von dort nach Europa und Nordafrika hinüber. Glieder dieser Wellen sind auch die Anthropotherien. Auch diese Einwanderungen führen auf eine nordpazifische Festlandsmasse als Ausgangsort zurück. Doch vergessen wir nicht, daß der nächste Tag schon ungeahnte neue Entdeckungen bringen kann, die möglicherweise unseren Vermutungen neue Bahnen weisen.

Die Abstammung des Menschen.

Von Th. Mollison, Breslau.

Seit der Zeit, als *Darwin* sein Werk über die Abstammung des Menschen schrieb, ist der Wissenschaft eine Menge von neuen Tatsachen bekannt geworden, zahlreiche neue Funde haben Reste des Menschen und seiner näheren Verwandten aus früheren Perioden der Erdgeschichte zutage gefördert, neue Untersuchungsmethoden haben uns in den Stand gesetzt, die Ergebnisse der bisherigen zu prüfen und zu ergänzen, und so ist es wohl an der Zeit, daß wir einen Rückblick auf das bisher Erreichte werfen und uns fragen, was uns das verflossene halbe Jahrhundert über die Abstammung des Menschen gelehrt hat.

Die Führung lag zunächst in den Händen der vergleichenden Anatomie, die uns zeigte, daß unter den heute lebenden Tieren nur die Primaten (zu denen man außer dem Menschen die echten Affen und die Halbaffen zählt) einerseits so primitive, d. h. undifferenzierte Verhältnisse im Bau der Extremitäten bewahrt haben, daß aus ihnen diejenigen des Menschen hervorgegangen sein können, und andererseits eine Tendenz zu steigender Entwicklung des Gehirnes aufweisen, die im Menschen ihre höchste Stufe erreicht hat. Auch in anderen Organen der Primaten finden

wir die Vorstufen zu der menschlichen Form, und zwar bei den echten Affen im allgemeinen die dem Menschen nächststehenden, bei den Halbaffen die entfernteren Bildungen. So lag der Gedanke nahe, daß nur unter den Primaten im allgemeinen und unter den echten Affen im besonderen die nächsten Verwandten und die Vorfahren des Menschen zu suchen seien. Die Tatsache, daß manche Arten mehr, andere weniger primitive Merkmale bewahrt haben, führte zunächst zu der irrümlichen Anschauung, daß es möglich sein müßte, die heute lebenden Arten in einer aufsteigenden Reihe anzuordnen, die ein Bild von der stammesgeschichtlichen Entwicklung des Menschen gebe. Das war ein Traumbild, das zerfiel, sobald man die einzureihenden Arten nicht nur auf ein, sondern auf verschiedene Merkmale ihres Körperbaues hin betrachtete. Da zeigte sich dann immer, daß eine Art in einem oder auch in vielen Merkmalen primitiv geblieben sein kann, in anderen aber Veränderungen erlitten hat, die es unmöglich machen, sie in die Vorfahrenreihe des Menschen zu stellen. Daraus folgt, daß die uns bekannten lebenden oder ausgestorbenen Arten samt und sonders Seitenzweigen angehören, die zwar an irgendeiner Stelle mit der zum Menschen führenden Linie zusammenhängen, sich aber von ihr durch Erwerbung spezieller Merkmale entfernt haben. Nur selten finden wir eine Art, von der wir als möglich annehmen können, daß sie der Vorfahrenreihe des Menschen angehöre, und in der Regel schwindet diese Möglichkeit wieder, sobald die uns vorliegenden Reste zur genaueren Kennzeichnung der Art ausreichen. Das ist leicht begreiflich; denn der Stammbaum der Primaten ist unendlich reich verzweigt, und die Wahrscheinlichkeit, daß ein Fund gerade der zum Menschen führenden Linie entstamme, außerordentlich viel geringer, als daß er einer Seitenlinie entsprossen sei. Jeder Seitenzweig verbindet aber Merkmale, die auch der Abstammungslinie des Menschen zukamen, mit solchen, die nur im Seitenzweige neu auftraten, und es ist oft recht schwer zu beurteilen, ob eine Eigenschaft zur einen oder zur anderen Gruppe von Merkmalen gehört. Die Beurteilung wird weiterhin dadurch erschwert, daß oft völlig getrennte Zweige gleichsinnige Veränderungen erlitten haben, und die dadurch entstandenen „Konvergenzerscheinungen“ nähere Verwandtschaft vortäuschen können.

So macht z. B. die Tatsache, daß die Halbaffen bei zahlreichen Anzeichen der Verwandtschaft an primitiven Merkmalen reicher sind als die echten Affen, es wahrscheinlich, daß die letzteren aus ihnen hervorgingen. Aber unter den uns bekannten Halbaffenarten ist kaum eine, die wir als wirklichen Stammvater der echten Affen betrachten könnten. Wir finden bei fast allen den jetzt lebenden Arten außer weitgehenden anderen Differenzierungen einen Mutterkuchen, der die Oberfläche der Frucht vollständig bedeckt.

Nur eine einzige Gattung, *Tarsius*, der Koboldmaki, hat sich den scheibenförmigen Mutterkuchen bewahrt (oder ihn erst erworben?), wie er auch den höheren Primaten einschließlich des Menschen zukommt. Trotzdem kann die Gattung *Tarsius* niemals in der Abstammungslinie der echten Affen gestanden haben, denn bei ihr sind ganz spezielle Abänderungen in anderer Richtung vorhanden, die Augen in Anpassung an das nächtliche Leben ungeheuerlich vergrößert, das Schienbein und Wadenbein der zum Hüpfen dienenden vogelartig dünnen Beine miteinander verschmolzen, die Finger und Zehen mit Haftscheiben ausgestattet. Wir lernen also von dieser Gattung nur, daß auch gewissen Halbaffen ursprünglich oder sekundär die Scheibenform des Mutterkuchens zukam, die eine Ableitung der echten Affen von einer primitiven Halbaffenart gestattet. Wir müssen uns also als Stammvater der echten Affen eine Halbaffenart denken, die im Gebiß des Ober- und Unterkiefers noch zwei Schneidezähne, einen Eckzahn, drei Backenzähne und drei Mahlzähne in der ursprünglichen, wenig differenzierten Form des Halbaffengebisses besaß und einen scheibenförmigen Mutterkuchen, so wie die Gattung *Tarsius*, bildete.

Über die äußeren Körperformen dieses Ahnen können wir nur Vermutungen hegen. Sie sind bei jeder Tierart abhängig von der Art ihrer Fortbewegung. Unter den Halbaffen sind die weniger differenzierten Arten als Springer ausgebildet, für die das Ausführen weiter Sprünge von Baum zu Baum charakteristisch ist, und die zu diesem Zweck lange Beine, kurze Arme mit geschickten Greifhänden und einen langen, buschig behaarten Schwanz als Steuer besitzen. Andere Arten sind zu bedächtigem Klettern übergegangen und haben deshalb längere Arme und einen stark verkürzten Schwanz. Der Ahne der echten Affen muß der erstgenannten, ursprünglicheren Form angehört haben. Freilich haben alle echten Affen eine andere Art der Fortbewegung angenommen. Die niederen Affen sind zu gewandten Kletterern geworden, die ihre vier Extremitäten in annähernd gleichem Grade als Stützen des Rumpfes verwenden und ihren kurz behaarten, meist langen Schwanz als Balanceorgan benutzen. Der Längenunterschied der vorderen und hinteren Gliedmaßen ist deshalb bei ihnen geringer geworden, und ganz besonders ist das der Fall bei denjenigen Arten, die zum Bodenleben übergegangen sind, wie die Paviane, die als Läufer sich ganz nach Art eines Hundes fortbewegen. Aber weniger in den äußeren Formen des Körpers lag die Veränderung gegenüber den Halbaffen, als vielmehr in der Veränderung der inneren Organe. Bei den Halbaffen ist z. B. die Gebärmutter noch zweizipfelig gestaltet und verrät dadurch ihre Entstehung aus zwei getrennten Kanälen, den Müllerschen Gängen, während bei allen echten Affen die Gebärmutter durch weitgehende Verschmelzung ihrer Hälften etwa die Form einer

umgekehrten, etwas abgeplatteten Birne angenommen hat. Das Gebiß hatte zunächst noch die gleiche Formel wie bei den Halbaffen, denn auch jetzt noch besitzt eine große Gruppe der echten Affen, die in Amerika lebenden Plattenaffen, die man auch als Westaffen bezeichnet, diese ursprüngliche Zahnformel mit Ausnahme der Krallenaffen, die den dritten Mahlzahn verloren haben. Bei den schmalnasigen Affen der alten Welt oder Ostaffen dagegen trat eine Änderung dadurch ein, daß der dritte Backenzahn des bleibenden Gebisses nicht mehr zur Ausbildung kam. An seiner Stelle blieb der Milchmahlzahn, den er ersetzen sollte, bestehen und ist so zum ersten Dauermahlzahn aller Ostaffen einschließlich des Menschen geworden. Da gleichzeitig der letzte Mahlzahn des bleibenden Gebisses verloren ging, blieb die Dreizahl der Mahlzähne bestehen, nur selten tritt besonders bei den Menschenaffen und niederen Menschenrassen jener Mahlzahn als vierter noch auf. So besteht also das bleibende Gebiß der Ostaffen (einschließlich Mensch) aus zwei Schneidezähnen, einem Eckzahn, zwei Backenzähnen und drei Mahlzähnen. Aber nicht nur in der Zusammensetzung des Gebisses, sondern auch in zahlreichen anderen Merkmalen haben die Affen der Alten Welt die zum Menschen führende Bahn weiter verfolgt als die Westaffen, die sich noch mehr an die primitiven Verhältnisse der Halbaffen anschließen. So muß also die Vorfahrenlinie des Menschen auf alle Fälle über einen primitiven Ostaffen führen.

Die sogenannten pronograden, d. h. ihren Rumpf horizontal tragenden, oder cynomorphen Ostaffen, also die Makaken, die Paviane, die Meerkatzen und die Schlankaffen, besitzen im ganzen noch mehr primitive Merkmale als die orthograden, sich aufrecht haltenden, zu denen die Menschenaffen und der Mensch gehören, so daß wir guten Grund haben, anzunehmen, daß die orthograden Ostaffen aus einer pronograden Art hervorgegangen seien. Das geschah wieder durch eine Änderung in der Fortbewegung. Die Anthropomorphen oder Menschenaffen bewegen sich im Gezweige der Bäume in der Weise fort, daß sie sich an ihren langen Armen von Ast zu Ast schwingen, wobei die Beine nur wenig mithelfen. Diese Fortbewegung als Hängeler hat zur Folge gehabt, daß ihre Arme stark verlängert sind, während die Beine, wenigstens bei den sogenannten Groß-Anthropomorphen, dem Orang utan, Gorilla und Schimpansen, im Verhältnis zum Rumpf verkürzt erscheinen.

Der sich noch vierfüßig bewegende Ahne ist uns jedoch bis jetzt nicht bekannt geworden. Vor allem sind es wiederum die Zahnformen, die alle heute lebenden pronograden Affenarten als Vorfahren der Anthropomorphen ausscheiden. Bei allen den oben genannten niederen Altweltaffen sind besonders die Mahlzähne und Backenzähne vom ursprünglichen Typus eines Säugetierzahnes weiter entfernt als bei den Menschenaffen. Die

Kaufläche der Mahlzähne besteht im primitiven Zustande aus einer Anzahl von Höckern (bei den Menschenaffen und dem Menschen im Oberkiefer 4, im Unterkiefer 5), die ursprünglich alternierend stehen. Nun ist in verschiedenen Ordnungen der Säugetiere in Anpassung an pflanzliche Nahrung eine Änderung in dem Sinne vor sich gegangen, daß die Höcker ihre alternierende Stellung aufgaben, sich einander gegenüberstellten und durch quer verlaufende Leisten miteinander verbunden wurden. Dieser Vorgang hat zwar bei keinem Primaten zu so extremen Formen der Mahlzähne geführt wie bei den Elefanten oder den Nagetieren, aber doch bei allen heute lebenden pronograden Affen eine Form hervorgebracht, aus der sich niemals wieder die ursprüngliche Form des Höckerzahnes zurückentwickeln konnte, um so mehr, als damit ein Verlust des fünften Höckers bei den Meerkatzen an allen drei, bei den übrigen niederen Ostaffen wenigstens an den beiden vorderen Mahlzähnen des Unterkiefers verbunden war. Auch die Backenzähne sind bei den heutigen niederen Altweltaffen stark abgeändert, der erste des Unterkiefers mit einer lang nach vorn ausgezogenen Kante versehen, an welcher der Schmelz über den ursprünglichen Zahnhals hinaus auf die Wurzel übergreift.

So mußte schon die rein vergleichend anatomische Betrachtung zu dem Schlusse führen, daß die Ahnen der Orthograden eine andere Form der Mahl- und Backenzähne besessen haben müssen als die heutigen Pronograden. Bestätigt wurde diese Ansicht durch Funde, die durch Fraas im Fayum in Ägypten gemacht wurden. Schon früher war es aufgefallen, daß Primaten, die wir nach der Form ihres Gebisses zu den Menschenaffen stellen müssen, in der Erdgeschichte mindestens ebenso zeitig auftreten wie die niederen Affen. Einen besonders klaren Beleg hierfür bilden zwei jener Funde aus dem Fayum, die von Schlosser die Namen *Parapithecus Fraasi* und *Propliopithecus Haeckeli* erhielten. Sie kamen aus oligocänen Schichten zutage, also aus einer erdgeschichtlichen Periode, die uns bisher überhaupt noch keine Reste echter Affen geliefert hatte, und ihre Zahnformen reihen sie nicht an die jetzt lebenden niederen Affen, sondern an die Menschenaffen an (Fig. 1). Dabei erweist sich aber *Parapithecus* als die primitivste bisher überhaupt bekanntgewordene Affenart durch die Tatsache, daß bei ihm die bei den echten Affen früh sich vollziehende Verschmelzung der beiden Unterkieferhälften erst in höherem Alter eintritt und damit an die Halbaffen erinnert, bei denen die Verschmelzung zeitlebens ausbleibt. In anderer Hinsicht, besonders im Bau des Eckzahnes und der Backenzähne, ist freilich *Parapithecus* einseitig differenziert, so daß auch er nicht ein Ahne der heutigen Menschenaffen sein kann. Dagegen wäre dies von *Propliopithecus* denkbar, dessen Zähne denen des *Pliopithecus* und der jetzt lebenden Gibbonarten am ähnlichsten sind. Diese Unter-

kiefer haben also unsere Vermutung bestätigt, daß der vorauszusetzende pronograde Ahne der Orthograden sich im Gegensatz zu den jetzt lebenden niederen Ostaffen die ursprüngliche Form der Mahlzähne mit alternierenden Höckern bewahrt hatte.

Daß der Mensch selbst nur aus einer orthograden Primatenart hervorgegangen sein kann, unterliegt keinem Zweifel. Ein pronograde Affe hätte beim Übergang vom Baumleben zum Bodenleben durchaus keinen Anlaß gehabt, sich aufzurichten. In der Tat sehen wir auch bei den Pavianen, daß sie sich erst recht an den vierfüßigen Lauf angepaßt haben. Ein Menschenaffe dagegen mußte, wenn er den Baum verließ, das Bedürfnis

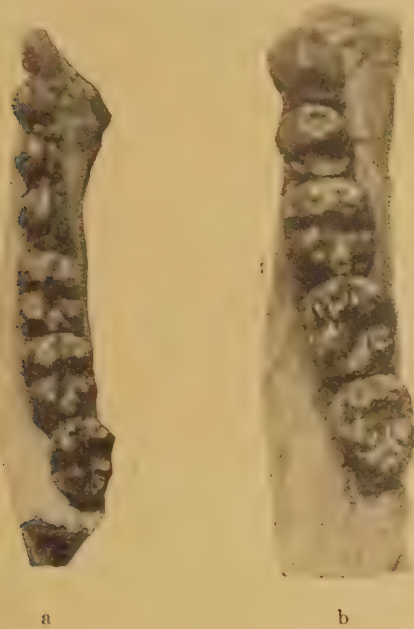


Fig. 1. a) *Parapithecus Fraasi* Schlosser, Zahnreihe vom zweiten Schneidezahn an.
b) *Propithecus Haeckeli* Schlosser, Backenzähne und Mahlzähne.

empfinden, die aufrechte Körperhaltung beizubehalten, an die er, infolge des Hangelns gewöhnt war. Die heutigen Großanthropomorphen stützen sich zu diesem Zweck auf die Knöchel ihrer Finger, ein Beweis dafür, wie sehr sie einem vierfüßigen Laufen entfremdet sind. Der am stärksten an das Baumleben als Hängeler angepaßte Gibbon ist auch hierzu nicht imstande. Er sucht die aufrechte Haltung durch Balancieren mit den ausgestreckten Armen zu ermöglichen.

Es muß ein harter Zwang gewesen sein, der den Vorfahren des Menschen nötigte, den Wald, der ihm Schutz und Nahrung bot, zu verlassen und sich auf dem Boden fortzubewegen. Es läßt sich nur an einen Schwund des Waldes denken, an dessen Stelle eine Baumsteppe trat, die den Vormenschen nötigte, den Weg von Baum zu Baum auf dem Boden zurückzulegen. Eine Menge von Tatsachen deutet auf diesen Zusammenhang

des Menschen mit den Menschenaffen, die ja eben von ihrer Ähnlichkeit mit ihm ihren Namen haben. Nur einiges Wenige davon mag Erwähnung finden. Bei den niederen Affen ist die Lendenwirbelsäule noch ziemlich lang; bei den Menschenaffen hat sie sich stark verkürzt; für den aufrechten Gang des Menschen dagegen war wieder eine etwas längere, biegsamere Lendenwirbelsäule vorteilhaft. Beim neugeborenen Menschen aber verhalten sich die Abschnitte der Wirbelsäule noch nicht so wie beim Erwachsenen; sie wiederholen dabei jedoch nicht die lange Lendenwirbelsäule eines niederen Affen, sondern die kurze eines Menschenaffen. Bei den Menschenaffen beruht die große Länge des Armes mehr auf einer Verlängerung des Unterarmes als des Oberarmes, und die kurzarmigeren Jugendformen des Orang utan und des Gibbon deuten noch auf einen Ahnen mit weniger langen Armen. Beim Menschen dagegen bleibt der Unterarm erst allmählich im Wachstum zurück und weist dadurch auf einen Vorfahren mit längeren Unterarmen hin. Dieser gemeinsame Vorfahre muß weder die extrem verlängerten Unterarme besessen haben wie ein Orang utan oder Gibbon, noch die verkürzten des Menschen, sondern ähnliche Proportionen wie etwa der Schimpanse.

Einen weiteren Beweis für diese verwandtschaftliche Stellung des Menschen hat die Untersuchung der Arteiweiße mit biologischen Methoden, die Proteologie, geliefert. Wird ein Kaninchen mit Einspritzungen von menschlichem Blutserum vorbehandelt, so bildet es in seinem Blut Stoffe, sogenannte Präcipitine, die in Menschenblut einen Niederschlag hervorrufen. Diese gegen menschliches Eiweiß gerichteten Präcipitine reagieren mit dem Blut des Schimpansen oder Orang utan stärker als mit dem eines niederen Affen, und diese Tatsache beruht, wie eingehendere Untersuchungen gezeigt haben, darauf, daß der Mensch und die Menschenaffen gewisse Proteale, d. h. Einheiten des artspezifischen Eiweißes, gemeinsam haben, die ein niederer Affe nicht besitzt. Da diese Eiweißstoffe von außerordentlich kompliziertem Gefüge sind und gleich gebaute bei keinem anderen Lebewesen vorkommen, so können sie nur in einer Periode gemeinsamer Entwicklung des Menschen und der Menschenaffen, also in einem gemeinsamen Vorfahrenstadium, aber nach der Abspaltung der niederen Affen, aufgetreten sein.

Aber keiner der uns bekannten lebenden oder fossilen Menschenaffen kann als Vorfahre des Menschen gelten. Auch hier können wir wieder nur aus einigen Seitenzweigen auf den Verlauf der zum Menschen führenden Stammeslinie schließen. Zunächst scheidet der Gibbon von näherer Verwandtschaft mit dem Menschen völlig aus. Er ist in manchen Merkmalen primitiv, vor allem im Bau seiner inneren Organe; auch ist sein Gehirn im Verhältnis zur Körpermasse kaum besser entwickelt als beim niederen Ost-

affen. Andererseits ist er durch die extreme Verlängerung der Arme spezialisiert. Immerhin gibt er uns in seinen primitiven Merkmalen ein Bild von dem Bau, den die ersten orthograden Primaten besessen haben mögen.

Wesentlich näher stehen dem Menschen die großen Anthropomorphen, der Orang utan, Gorilla und Schimpanse. Aber auch der Orang utan muß sich schon zeitig von dem gemeinsamen Stamme abgezweigt haben, und er hat eine Menge von Spezialisierungen erlitten. Dahin gehört nicht nur die extreme Anpassung an das Hangeln, sondern auch die überaus reiche Faltenbildung an der Kaufläche seiner Zähne, die von den afrikanischen Anthropomorphen stark abweichende Kopf- und Gesichtsbildung, die weitgehende Ausbildung seiner Keilbeinhöhle, die ungeheuerliche Ausdehnung der vom Kehlkopf ausgehenden Schallsäcke bis unter die Schulterblätter und bis in die Achselhöhle, die Reduktion des Daumens und der Großzehe, die meist keinen Nagel mehr trägt. Andererseits hat er sich auch primitive Merkmale bewahrt. So besitzt er ebenso wie der Gibbon noch ein Os centrale carpi, ein Knöchelchen in der Handwurzel, das bei Gorilla und Schimpanse ebenso, wie beim Menschen, mit dem Kahnbein zu verschmelzen pflegt.

So bleiben uns also nur noch diese beiden afrikanischen Anthropomorphen als nähere Verwandte des Menschen übrig, und auch von ihnen ist keiner mehr identisch mit der gemeinsamen Vorfahrenform. Auch sie haben gewisse Differenzierungen erlitten, die es unmöglich machen, den Menschen von einer dieser Arten abzuleiten. Beim Gorilla hat die gewaltige Körpergröße ein entsprechend starkes Gebiß notwendig gemacht, bei ihm und dem Schimpansen hat die Kaufläche der Mahlzähne Formen angenommen, aus denen die des Menschen nicht mehr abgeleitet werden kann. Man hat zuweilen die Bildung eines schirmartigen Knochendaches über den Augenhöhlen und gewaltiger Knochenkämme am Schädel des Gorilla für ein Merkmal erklärt, das ihn weiter vom Menschen entferne als die kammlöse Form des Schädeldaches beim Schimpansen. Aber diese Besonderheiten sind nur eine Folge seiner Größe. Bei einem so großen Körper muß nach allgemein gültigen Gesetzen das Gehirn (gleiche Begabung vorausgesetzt) im Verhältnis zum Schädel klein sein. Infolgedessen überlagert es beim erwachsenen Gorilla das Dach der Augenhöhle nicht in dem Grade wie beim jugendlichen oder wie beim Schimpansen oder auch beim Gibbon, und die Folge ist die Bildung jenes kompakten, keinen Teil des Schädelhohlraumes mehr umschließenden Knochenschirmes. Ebenso sind die Knochenkämme durch die Ausbreitung der mächtigen Nacken- und Kaumuskeln auf der verhältnismäßig kleinen Gehirnkapsel hervorgerufen; beides kann somit nicht als eine wesentliche Aberranz betrachtet werden. Im Bau des Fußes erreicht der Gorilla, der sich verhältnismäßig viel auf dem Bo-

den bewegt, die größte Menschenähnlichkeit unter allen Anthropomorphen. In seiner äußeren Erscheinung dürfte der Schimpanse dem Bild am nächsten kommen, das wir uns von dem Anthropomorphen-Ahnen des Menschen zu machen haben.

Unter den fossilen Anthropomorphen scheinen auch die dem Osten Eurasiens entstammenden Funde im Zahnbau der Gorilla-Schimpansen-Gruppe ähnlicher zu sein als dem Orang utan, bei welchem das ursprüngliche Bild der Höcker und Furchen unter einem Gewirr von Falten fast verschwindet. Die Zähne der afrikanischen Anthropomorphen haben sich eben von der ursprünglichen Form weniger weit entfernt. Als die menschenähnlichsten dürfen wohl die Anthropomorphenzähne aus den unterpliocänen Bohnerzen der Schwäbischen Alb bezeichnet werden (Fig. 2). Ihre Menschenähnlichkeit, die sogar bewirkte, daß man sie anfänglich für Menschen-

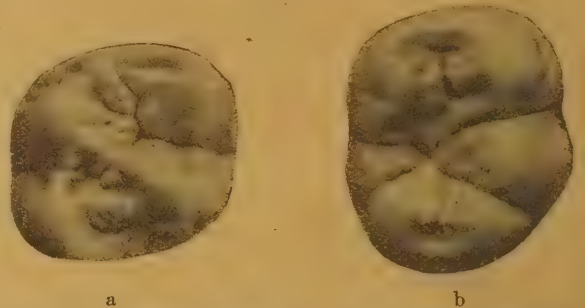


Fig. 2. a) linker oberer, b) rechter unterer Mahlzahn eines Menschenaffen aus den Bohnerzen der Schwäbischen Alb.

zähne hielt, beruht darauf, daß sie noch wenig differenziert sind. Von einer solchen Form lassen sich sowohl diejenigen des Gorilla wie des Schimpansen und Menschen ableiten. Trotzdem müssen wir wohl auch in dem Träger der Bohnerzzähne nur einen Nachkommen des gemeinsamen Vorfahren erblicken, denn als Vorfahr des Gorilla erscheint die Gattung *Dryopithecus* schon im mittleren Miocän mit Zahnformen, die mit denjenigen des Gorilla beinahe identisch sind. Eher wäre es möglich, den Bohnerzanthropomorphen in die Vorfahrenreihe des Menschen zu stellen, denn wir wissen nicht, wann und wo der Mensch sich von der Gorilla-Schimpansen-Gruppe getrennt hat, die ganz zweifellos seine nächsten Verwandten enthält.

Es ist in hohem Grade bedauerlich, daß wir von dem Bohnerzanthropomorphen nicht die Schädelkapsel kennen, die uns einen Schluß auf die Entwicklung seines Gehirnes ermöglichen würde. Denn das nächste zu besprechende Fossil, der *Pithecanthropus* von Java, wird gerade durch seine Gehirnentwicklung weit über jeden Anthropomorphen hinausgehoben. Dieser Fund wurde in den Jahren 1890/91 von *Dubois* aus vulkanischen Tuffschichten im mittleren Teil der Insel, bei dem Gehöfte Trinil, geborgen. Er lag inmitten von Resten einer Fauna, über deren geologisches Alter

die Meinungen beträchtlich auseinander gehen. Doch dürfte die Würdigung aller Tatsachen es wahrscheinlich machen, daß diese Schichten zwar nicht dem Pliocän, wie *Dubois* angenommen hatte, aber doch dem frühen Diluvium entstammen. Die Säugetierfauna besteht aus lauter bis dahin unbekannten Arten und ähnelt am meisten derjenigen von Siyalik in Indien, die dem unteren Pliocän angehört und derjenigen von Narbada aus dem ältesten Diluvium. Die Tiere wurden vermutlich durch einen Vulkanausbruch getötet und ihre Reste durch einen Schlammstrom zusammengeschwemmt. Später wurden die aus Lapilli und Sanden bestehenden erhärteten Schichten von dem Bengawanbache angeschnitten.

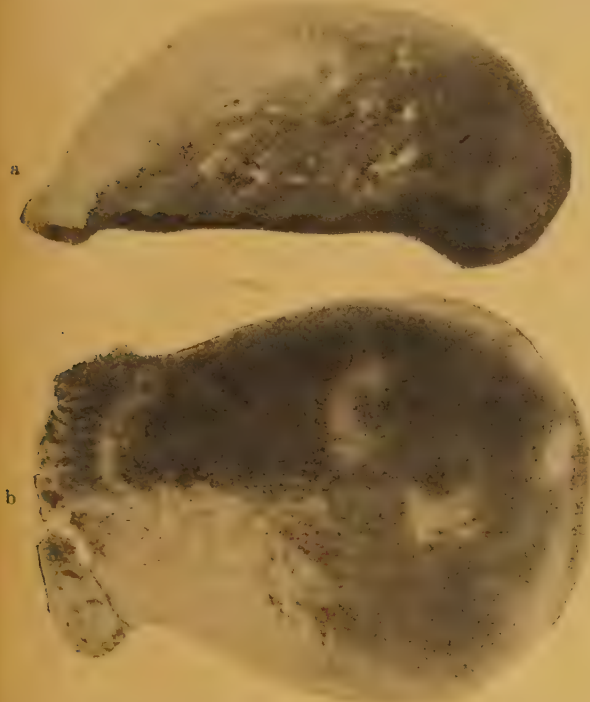


Fig. 3. Schädeldach des *Pithecanthropus erectus* Dubois, a) von links, b) von oben.

Zuerst wurde ein oberer rechter dritter Mahlzahn gefunden, dann in 1 Meter Entfernung davon in der gleichen Schicht ein Schädeldach (Fig. 3), später noch ein Backenzahn. Die nach einer Unterbrechung durch die Regenzeit wieder aufgenommene Ausgrabung förderte im nächsten Jahre noch einen linken oberen zweiten Mahlzahn zutage und in einer Entfernung von 15 Metern einen linken Oberschenkelknochen. Alle diese Fundstücke lagen in der gleichen Schicht, und ihre Zusammengehörigkeit muß als zweifelsfrei betrachtet werden, denn wie *Dubois* mit Recht bemerkt, wäre die Annahme unmöglich, daß an der gleichen Stelle und in einer Zeit, aus der wir noch keine menschlichen Reste kennen, Individuen zweier Arten zugrunde gegangen wären, von denen die eine den menschenähnlichsten Schädel, die andere den menschenähnlichsten Oberschenkel-

knochen besaß. *Dubois* benannte seinen Fund *Pithecanthropus erectus* und beschrieb ihn als „eine menschenähnliche Übergangsform aus Java“. Begreiflicherweise erhob sich ein lebhafter Streit der Meinungen um dieses Objekt; und doch müssen wir heute zugeben, daß die erste Beurteilung durch *Dubois* treffender und klarer war als die Einwände, die gegen sie erhoben wurden. Den weitaus wichtigsten Teil des Fundes stellt das Schädeldach dar, vor allem auch deshalb, weil es einen ziemlich genauen Schluß auf die Gehirnentwicklung dieses Wesens erlaubt. Die Größe des Gehirnräume schätzte *Dubois* nach sorgfältigen Ermittlungen auf etwa 1000 ccm. Er erkannte sofort, daß dieses Schädeldach besser gewölbt sei als das eines erwachsenen Menschenaffen, aber viel weniger gut als bei irgendeiner noch so primitiven Menschenrasse. Die genauere Untersuchung durch Schwalbe wies die Unterschiede zahlenmäßig nach. Verbindet man die Glabella, d. h. den vorspringendsten Punkt des Stirnbeines zwischen den Augenbrauenbogen, mit dem Inion, dem Punkt des Hinterhauptvorsprunges, in dem sich die oberen Nackenlinien beider Seiten vereinigen, so kann man die Höhe des Schädeldaches über dieser Verbindungslinie bestimmen und diese Höhe in Prozenten der Entfernung Glabella—Inion ausdrücken. Man erhält für diesen Kalottenhöhen-Index z. B. beim Hund 15, beim Gorilla 19, beim *Pithecanthropus* 34, beim Neandertalmenschen, von dem wir noch zu sprechen haben, 47, beim Australier, also einer sehr primitiven heutigen Rasse, 53 und beim Europäer durchschnittlich 60. Aber auch andere Merkmale des Schädels werden durch die Entwicklung des Gehirnes beeinflusst. Je größer das Gehirn im Verhältnis zu der Schädelkapsel, desto mehr wird das Stirnbein aufgerichtet, so daß der Winkel, den es mit der Glabella-Inion-Linie bildet, größer wird. So bildet die Verbindungslinie der Glabella mit dem Bregma, d. h. dem Punkte, in welchem das Stirnbein mit den beiden Scheitelbeinen zusammenstößt, mit der Glabella-Inion-Linie beim Gibbon einen Winkel von 24°, beim Orang utan 29°, bei *Pithecanthropus* 34°, beim *Homo primigenius* (Neandertalrasse) 47° und beim heutigen Europäer durchschnittlich 60°. Also auch in diesem Merkmal erweist der *Pithecanthropus* seine Zwischenstellung zwischen den Menschenaffen und dem Menschen. Infolge der geringeren Ausbildung des Gehirnes und namentlich des Stirnhirnes überlagert dieses das Dach der Augenhöhle nicht in dem Maße wie beim Menschen, aber doch erheblich mehr als bei einem Menschenaffen. Infolgedessen wird der Oberrand der Augenhöhle nicht, wie bei einem Menschenaffen von dieser Größe, durch ein rein knöchernes Schutzdach gebildet, aber doch durch einen im Längsschnitt schnabelartig dünnen Rand, der nicht wie beim Menschen, besonders dem Europäer, durch das Gehirn aufgetrieben ist. Eine weitere Folge dieser mittelmäßigen Entwicklung des Stirnhirnes ist,

daß jene Einziehung, die bei den Menschenaffen, namentlich dem Gorilla, den Gesichtsteil des Schädels von der Gehirnkapsel trennt, beim Pithecanthropus bedeutend weniger tief ist (s. Fig. 3 b), aber doch noch lange nicht so ausgeglichen wie beim Menschen. Auch das Fehlen von Knochenkämmen an der Oberfläche des Schädeldaches hat seinen Grund in der erheblichen Größenentwicklung des Gehirnes. Solche Kambildungen entstehen dann, wenn die Nackenmuskeln und die dem Kauen dienenden Schläfenmuskeln auf der Oberfläche des Schädels nicht genügend Raum

(Hohlräume) der Gehirnschädel wie die 0,58ten Potenzen der Volumina der langen Extremitätenknochen. Der durch verschieden hohe Begabung bedingte Unterschied der Gehirngröße läßt sich dabei durch einen Koeffizienten, den Cerebralkoeffizienten, zum Ausdruck bringen. Kennt man also die Kapazität eines Primaten und das Volumen seiner langen Extremitätenknochen, so kann man seinen Cerebralkoeffizienten bestimmen. Das Volumen der langen Knochen des Pithecanthropus läßt sich nach der Größe seines Oberschenkels auf etwa 953 ccm berechnen. Der Cere-

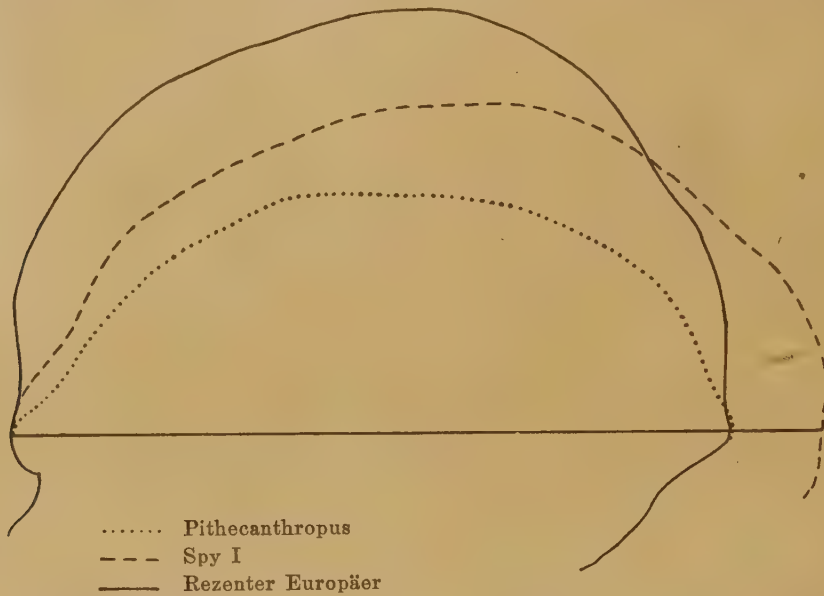


Fig. 4. Mediankurven des Schädeldaches von Pithecanthropus, Spy I und rezentem Europäer, auf die Glabella-Inion-Linie eingestellt, nach Schwalbe.

zum Ursprung bzw. Ansatz finden. Sie treffen dann in bestimmten Linien zusammen, und an diesen entstehen Kämme zur Vergrößerung der Muskelflächen.

Das Hinterhauptsbein des Pithecanthropus ist im Hinterhauptsvorsprung scharf abgeknickt, bedeutend schärfer als z. B. bei einem Schimpanse, weil seine Nackenfläche sich der horizontalen Richtung nähert; das deutet darauf, daß das große Hinterhauptsloch weiter nach vorn gelegen haben muß als bei einem Menschenaffen, eine Erscheinung, die beim Menschen durch die dauernd aufrechte Haltung hervorgerufen wurde.

Die Merkmale, die dem Pithecanthropus-schädel sein charakteristisches Gepräge verleihen, sind also hauptsächlich durch zwei Ursachen bedingt, durch die Entwicklung des Gehirnes und den aufrechten Gang, und unser endgültiges Urteil über dieses Wesen wird in erster Linie von dem Nachweis dieser beiden Tatsachen abhängen. Bei Tieren von etwa gleicher Begabung, aber verschiedener Körpergröße, verhalten sich die Gehirngewichte wie die 0,56ten Potenzen der Körpergewichte. Ähnlicherweise verhalten sich am Skelett (am Gorilla berechnet) die Kapazitäten

bralkoeffizient beträgt, mit dem am Gorilla gefundenen Exponenten 0,58 berechnet, beim

Brüllaffen	4,8
niederen Ostaffen	7,0
Gibbon	7,2
Gorilla	8,4
Schimpanse	8,9
Orang utan	10,5
Pithecanthropus	18,7
rezenten Menschen	30,4

Der Cerebralkoeffizient des Pithecanthropus ist also viel höher als der irgendeines Menschenaffen, ganz besonders aber höher als der eines Gibbon. Die äußerlich ähnliche Form beider darf durchaus nicht dazu verleiten, den Pithecanthropus als einen großen Gibbon anzusehen, denn ein Gibbon von dieser Größe müßte ein viel kleineres Gehirn besitzen.

Das zweite Hauptmerkmal des Pithecanthropus, der aufrechte Gang, wird nach Dubois' Angaben durch einige Einzelheiten des Oberschenkelknochens bezeugt. Er ist im ganzen äußerst menschenähnlich, durchaus verschieden von dem kurzen, dicken Oberschenkel der Menschenaffen. Durch den Zug, den das Darmbeinschenkelband

(Ligamentum iliofemorale) bei der Streckung des Beines im Hüftgelenk erleidet, ist der untere Teil seiner schrägen Ansatzlinie (Linea obliqua) in einer Weise ausgeprägt, wie es bei Menschenaffen, die ja ihren Oberschenkel nicht zu strecken pflegen, nicht der Fall ist. An der Kniegelenkfläche sind so wie beim Menschen durch das Anpressen der knorpeligen Zwischenscheiben beim Strecken des Kniegelenkes zwei seichte dreieckige Gruben entstanden, die den Anthropomorphen fehlen, weil sie ihr Knie nicht strecken. Gerade so, wie beim Menschen, ist von den beiden Gelenkhöckern der äußere, der bei aufrechtem Gang das Hauptgewicht trägt, mindestens ebenso stark ausgebildet, wie der innere, während bei den Menschenaffen der innere den größeren Teil des Gewichtes trägt und deshalb stärker ist.

Von den aufgefundenen Zähnen ist nur der dritte Mahlzahn genügend gut erhalten, die anderen sind zu stark abgekaut. Wenn sie wirklich dem gleichen Individuum gehört haben, so muß also der dritte Mahlzahn nicht so früh, wie bei den Menschenaffen, sondern spät, wie beim Menschen, in Funktion getreten sein. Außerdem ist er beträchtlich reduziert. Zwar sind die beiden vorderen Höcker noch gut ausgebildet, aber die hinteren sehr schwach, das ganze Relief unregelmäßig. Vom menschlichen Mahlzahn unterscheidet er sich durch bedeutende Größe und durch die Divergenz seiner Wurzeln. Dagegen von dem eines Menschenaffen durch geringe Länge im Verhältnis zur Breite und die Verschmelzung der beiden äußeren Wurzeln. Auch dieser Zahn nimmt also eine Zwischenstellung ein zwischen den Menschenaffen und dem Menschen.

In Erwägung aller dieser Tatsachen läßt sich das Urteil fällen, daß der *Pithecanthropus* keinesfalls nur ein Menschenaffe ist, sondern ein aufrecht gehendes Wesen mit einer Gehirnentwicklung, die weit über das Maß eines Menschenaffen hinausgeht. Ferner, daß er nach rein morphologischer Beurteilung recht wohl ein Vorfahre des Menschen sein könnte. Man hat jedoch dagegen eingewendet, daß der Fund einer Zeit angehöre, in der vermutlich schon echte Menschenarten bestanden. Diese Anschauung kann den Fund seines hohen Wertes nicht entkleiden, denn dieser liegt in seinen morphologischen Merkmalen, nicht in seinem geologischen Alter. Ferner könnte diese uns aus dem frühen Diluvium bekanntgewordene Art ja noch viel weiter zurückreichen, und außerdem liegt zwischen dem Fund von *Trinil* und dem ersten sicher menschlichen von Mauer wohl eine genügend lange Zeit, um das Entstehen einer solchen Menschenart aus einem dem *Pithecanthropus* ähnlichen Wesen zu ermöglichen.

Freilich müssen wir auch hier wieder daran denken, daß immer viel größere Wahrscheinlichkeit besteht, einen Seitenzweig aufzufinden, als eine Art oder gar ein Individuum aus der Stammeslinie selbst. Man könnte sogar mit der Möglichkeit rechnen, daß der *Pithecanthropus* einer

entfernteren Seitenlinie angehöre, die als Parallelform unabhängig von dem zum Menschen führenden Zweig aus einer Anthropomorphenart hervorgegangen wäre und den aufrechten Gang und ein wohlentwickeltes Gehirn erworben hätte. Aber eine solche Annahme hat recht wenig Wahrscheinlichkeit für sich.

Der nächste Fund, der hier zu nennen ist, der Unterkiefer von Mauer bei Heidelberg, ist geologisch zweifellos jünger. Er bietet besonderes Interesse, weil er den ältesten sicher menschlichen Rest darstellt, der bis jetzt gefunden wurde. Das Flößchen Elsenz durchfließt vor seiner Mündung in den Neckar bei Neckargemünd ein Stück eines alten Neckarlaufes. Der Neckar hat dort ursprünglich eine Schlinge gebildet, die ihn aus dem Gebiete des Buntsandsteines in das Gebiet des Muschelkalkes führte. Dort breitete er sich aus und lagerte Kiese und Sande ab, die zahlreiche Reste von Tieren enthalten, die auf irgendwelche Weise in den Fluß geraten waren. In diesen Sanden wurde bei dem Örtchen Mauer im Jahre 1907 etwa 24 Meter unter der heutigen Oberfläche

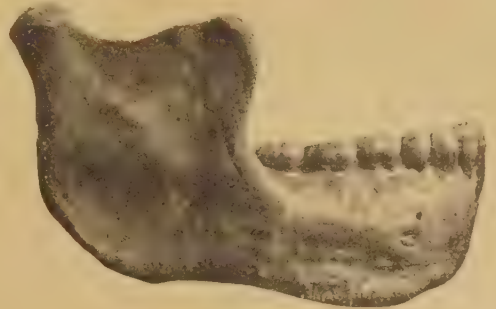


Fig. 5. Unterkiefer des *Homo heidelbergensis* Schoetensack.

ein menschlicher Unterkiefer gefunden, zusammen mit einer Fauna, die unter anderem *Elephas antiquus* und *Rhinoceros etruscus* enthielt. Das sind wärmeliebende Tiere, so daß wir mit Bestimmtheit sagen können, daß der Fund einer Zwischeneiszeit entstamme. Da *Rhinoceros etruscus* und der ebenfalls vorhandene *Ursus Deningeri*, der vermutliche Ahne des Höhlenbären, bis jetzt aus der dritten Zwischeneiszeit, noch nicht bekannt geworden sind, so müssen wir den Fund als vermutlich der zweiten Zwischeneiszeit angehörig einschätzen, haben aber andererseits auch keinen Grund, ihn noch weiter zurückzudatieren.

An dem Unterkiefer (Fig. 5) fällt vor allem seine bedeutende Größe und Stärke auf. Besonders primitiv ist die Bildung der Kinngegend. Da besteht kein eigentlicher Vorsprung, wie er dem heutigen Menschen und besonders dem Europäer zukommt, sondern der Umriß geht in gleichmäßiger Rundung fliehend von der Vorderfläche in den Untergrund über und erinnert dadurch an die Form eines Menschenaffen. Die Krümmung dieses Negativkinnes machen auch die Wurzeln der

Schneidezähne mit. Die Innenseite der Kinnplatte ist wulstförmig aufgetrieben (Lingualwulst). Der Kieferwinkel ist kreisförmig abgerundet, der aufsteigende Ast des Unterkiefers breit und niedrig, der bogenförmige Einschnitt zwischen seinen beiden Fortsätzen (Incisura semilunaris) viel flacher als beim Europäer, auch flacher als bei niedrigstehenden heutigen Menschenrassen. Der Kronenfortsatz ist stumpf, der Gelenkfortsatz trägt einen massigen Gelenkkopf mit breiter, abgeflachter Gelenkfläche, die ebenso wie die Schlißflächen der Zähne auf eine mahlende Kauweise deutet.

Im Gegensatz zu dem massigen Kiefer sind die Zähne nicht besonders groß. Sie erscheinen zwar groß neben denjenigen eines Europäers, aber nicht im Vergleich zu denen heutiger niederer Rassen, deren Mahlzähne zuweilen noch größer sind. Das ganze Gebiß erweist auf den ersten Blick seinen menschlichen Typus, sowohl in der mäßigen Ausbildung des Eckzahnes, der die Kaufläche nicht wesentlich überragte, wie in dem Kauflächenrelief der Mahlzähne und Backenzähne, soweit es trotz der Abkauung noch erkennbar ist. Besonders auffällig ist eine erhebliche Reduktion der hinteren Mahlzähne, namentlich des linken, der nur noch vier Höcker besitzt an Stelle der bei den übrigen Mahlzähnen noch vorhandenen fünf. Die zweiten Mahlzähne sind die stärksten. Demnach ist die Reduktion des Gebisses, die bekanntlich von hinten nach vorn fortschreitet, bei dem Menschen von Mauer ungefähr ebenso weit gediehen, wie bei einem heutigen Australier.

Der Unterkiefer von Mauer hat trotz aller primitiven Merkmale doch sowohl im Bau des Knochens selbst, wie in dem seiner Zähne durchaus menschliches Gepräge, und es ist deshalb die Ansicht ganz unberechtigt, daß er an die Wurzel der Menschenaffen und des Menschen zu stellen sei. Es besteht nicht der geringste Grund für die Annahme, daß die Menschenaffen jemals das Stadium eines so reduzierten Gebisses durchlaufen hätten, wohl aber kann das Gebiß des Unterkiefers von Mauer von dem eines primitiven Menschenaffen abgeleitet werden, der etwa solche Mahlzähne besaß, wie die aus den Bohnerzen der schwäbischen Alb. So ist es auch ganz berechtigt, daß *Schoetensack*, der den Fund als Erster beschrieb, ihn *Homo heidelbergensis* benannte, also der gleichen Gattung zuteilte, wie die anderen Menschenarten, im engeren Sinne.

Eine weitere Menschenform, der *Homo primigenius*, ist uns aus einer ganzen Anzahl von Funden bekannt. Der erste war der vom Neandertal bei Düsseldorf aus dem Jahre 1856, nach welchem man zuweilen auch die ganze Gruppe als Neandertrasse bezeichnet. Der Fund litt unter dem Umstande, daß er nur durch Zufall beim Abbau einer Kalksteinhöhle aus dem Höhlenlehm zutage kam und erst nachträglich geborgen wurde, und daß die Verhältnisse einer Bestimmung des geologischen Alters sehr ungünstig waren. Aber zahlreiche Funde haben uns inzwischen mit jener Menschen-

form so gut bekannt gemacht, daß wir sie auch unabhängig von den Fundumständen doch mit Sicherheit erkennen. Ein Unterkiefer, den man bei La Naulette in Belgien fand, erwies sich später als zu dieser Menschenart gehörig, ebenso Bruchstücke von Unterkiefern aus der Sipkähöhle und von Ochos in Mähren. Ein schon 1848 bei Gibraltar gefundener Schädel wurde zwar beschrieben, aber merkwürdigerweise kaum beachtet. Erst der Fund von Resten zweier Individuen in einer Höhle bei Spy in Belgien zusammen mit Feuersteininstrumenten und mit Resten vom Mammut, Nashorn, Höhlenbären und anderen ausgestorbenen Tieren trug wesentlich zur Klärung der Fragen bei, die durch den Fund vom Neandertal aufgeworfen worden waren. Es folgte dann die klassische Untersuchung des Schädeldaches durch



Fig. 6. Schädel von La Chapelle aux Saints nach *Boule*.

Schwalbe, die der Extremitätenknochen durch *Klaatsch*, und das Ergebnis war die Erkenntnis einer neuen Menschenart, die in zahlreichen Merkmalen außerhalb der Variationsgrenzen der heutigen Menschenrassen stand. Ein besonders wichtiger Fund von Individuen dieser Menschenform wurde bei Krapina in Kroatien geborgen, wo eine ursprünglich vom Krapinacabach ausgewaschene, jetzt 25 Meter über seinem Wasserspiegel liegende Höhle eine Menge von Steinwerkzeugen und Tierknochen und damit vermengt auch mehrere hundert menschliche Skelettstücke enthielt. Man bekam nun zum ersten Male vollständig erhaltene Gesichtsteile des *Homo primigenius*, wie ihn *Schwalbe* nach *Wilfers* Vorschlag genannt hatte, zu sehen. Der zerschlagene und zum Teil angebrannte Zustand der Knochen läßt darauf schließen, daß sie, ebenso wie die Tierknochen, Reste von Mahlzeiten darstellen. Sie stammen von mindestens 10 Individuen, Erwachsenen und Kindern. Die Fauna dieses Fundplatzes, aus *Rhinoceros Mercki*, Bär, Wildrind, Wildpferd,

Riesenhirsch usw. bestehend, deutet auf ein gemäßigtes Steppenklima, vermutlich der dritten Interglazialzeit.

Ein von O. Hauser entdeckter und von Klaatsch untersuchter Fund aus einer Höhle bei Le Moustier lieferte das Skelett eines jungen Menschen, ein solcher von La Chapelle aux Saints das besonders wohlerhaltene eines Greises der gleichen Menschenart (Fig. 6). Noch nicht näher beschrieben sind Funde von La Ferrassie in der Dordogne und von La Quina (Charente).

Aus den Travertinen des Ilmtales bei Weimar, die durch die Kalksteinbrüche von Taubach und Ehringsdorf aufgeschlossen sind, und zwar aus den tieferen Schichten, die eine wärmeliebende Fauna enthalten und wohl der letzten Zwischenzeit entstammen, wurden mehrere menschliche Reste geborgen, darunter in Taubach ein Milchmahlzahn und ein Dauermahlzahn, bei Ehringsdorf Bruchstücke eines Schädeldaches und 1914 ein Unterkiefer eines Erwachsenen sowie 1916 der Unterkiefer eines etwa 10jährigen Kindes und einige Bruchstücke von Rippen, Wirbeln und Oberarmknochen.

Diese Funde geben in ihrer Gesamtheit das Bild einer Menschenart, die sich von allen Rassen des heute lebenden Menschen scharf unterscheidet. Es waren Menschen von mäßiger Größe, etwa 160 bis 165 cm, und von plumpem Bau. Der Schädel ist niedrig und steht in dieser Hinsicht zwischen dem des Pithecanthropus und des heutigen Menschen (s. Fig. 4). Dabei ist er stets länglich, besitzt einen Längenbreitenindex (Breite in Prozenten der Länge ausgedrückt) von 68—78, der ihn freilich von rezenten Rassen nicht zu trennen vermag. Der Kalottenhöhenindex schwankt zwischen 39 und 47, während sein Mittel bei heutigen Europäern bei 60 liegt mit einer Schwankung von 54—66. Entsprechend verhält sich der Winkel des Stirnbeines zur Horizontalen. Besonders charakteristisch ist die wulstige Ausbildung der oberen Augenhöhlenränder (Supraorbitalwulst), wie sie unter den lebenden Rassen nur beim Australier zuweilen ähnlich, aber nicht in dieser Stärke getroffen wird, während bei allen anderen Rassen die Vorwölbung sich auf einen im mittleren Teil liegenden knöchernen Brauenbogen (Superciliarbogen) beschränkt. Eigentümlich ist der glatte Übergang von der Stirn auf die Nasenwurzel (in Fig. 6 nicht erkennbar, weil zerstört) und ein an den Gorilla erinnerndes Einspringen der Nasenbeine in das Stirnbein.

Die etwas vorgebeugte Haltung des Nackens führte zu schwächerer Ausbildung der Warzenfortsätze des Schädels, erforderte aber stärkere und längere Dornfortsätze der Halswirbelsäule. Die Augenhöhlen sind weit und hoch, das Profil vorgeschoben (prognath), der Oberkiefer ohne Wangengrube (Fossa canina), das Kinn nach hinten fliehend, wenn auch nicht in dem Grade, wie beim Unterkiefer von Mauer. Auch die Breite des aufsteigenden Unterkieferastes und die Größe

seines Gelenkköpfchens steht zwischen der des Homo sapiens und des Homo heidelbergensis. Die Zähne besitzen ein durch reiche Faltung ausgezeichnetes Relief.

Über die Größe des Gehirnes gehen die Schätzungen weit auseinander; Schwalbe schätzte den Inhalt des Schädels vom Neandertal auf 1230 ccm, Boule bestimmte den des Mannes von La Chapelle auf 1600 ccm. Der Schädelausguß zeigt verschiedenes Primitive, eine klaffende Sylvische Spalte des Gehirnes, ähnlich wie beim Fetus, kleinen Stirnlappen, großen Hinterhauptslappen, der sich stark nach hinten verwölbt (optisches Erinnerungszentrum).

Die Wirbelsäule scheint die dem heutigen Menschen eigentümlichen Krümmungen noch nicht so ausgeprägt besessen zu haben. Der Brustkorb war noch nicht so stark von vorn nach hinten abgeflacht, die Rippen nicht so flach, sondern von rundlichem Querschnitt, der Beckeneingang eng, das Hüftgelenk groß, der Oberschenkel stark gekrümmt, das obere Ende des Schienbeines infolge der Gewohnheit des Hockens zurückgebogen, die Knochen des Unterarmes stark auseinander gekrümmt.

Trotz aller Einheitlichkeit lassen sich doch manche Rassenunterschiede innerhalb der Primi-geniusgruppe feststellen. So weichen besonders die Kiefer von Ehringsdorf, namentlich der des Erwachsenen, von den übrigen ab durch außerordentlich engen Kieferbogen und weit nach hinten ausgezogene, an Menschenaffen erinnernde Kinnplatte sowie durch eine beträchtliche Reduktion der hinteren Mahlzähne; die Mahlzähne der Individuen von Krapina zeigen häufig eine eigentümliche Erweiterung der Pulpahöhle nach der Wurzel hin, infolge deren die Wurzel prismatische Form angenommen hat und durch einen kleinen Deckel am Ende verschlossen ist. Diese Spezialisierungen machen es trotz seines vermutlich höheren geologischen Alters unmöglich, den Krapinamenschen als den Vorfahren des Menschen von Spy zu betrachten oder auch nur als Vorfahren des heutigen Menschen, und auch der Mensch von Ehringsdorf dürfte wohl eine Seitenlinie darstellen. — Die Kulturen des Homo primi-genius sind das Acheuléen und das Moustérien, also Kulturen, in denen Schlagwerkzeuge, Speerspitzen und Schaber die wichtigste Rolle spielen.

Unter dem Namen Eoanthropus Dawsoni wurde von englischen Forschern ein angeblich mitteldiluvialer Fund beschrieben, aus einem stark defekten Schädel und einem Unterkiefer bestehend, der den gleichen Schichten entnommen sein soll. Die vollständig dem Homo sapiens sich anschließenden Formen des Schädeldaches und der völlig anthropomorphenähnliche Bau des Unterkiefers mußten sofort Bedenken über die Zusammengehörigkeit der beiden Stücke erregen. Inzwischen haben weitere Untersuchungen gezeigt, daß an dem betreffenden Fundort offenbar eine Aufarbeitung älterer Schichten und Mischung mit

jüngeren stattgefunden hat, und daß der Unterkiefer mit dem des heutigen Schimpansen so völlig übereinstimmt, daß er von ihm kaum zu unterscheiden ist. Da Anthropomorphen im Diluvium Europas nicht vorkommen, so muß dieses Stück wohl tertiären Schichten entstammen, während das zweifellos zu *Homo sapiens* gehörige Schädeldach spätdiluvial oder postdiluvial sein muß.

Von einem gewissen Zeitpunkt an, der durch das Auftreten der Aurignacienskultur gekennzeichnet ist, gehören alle bisher gemachten Funde dem *Homo sapiens* an, der in verschiedenen Varietäten auftritt. Das Aurignacien mit seiner Klingenform der Werkzeuge und Steilretusche, das Solutréen mit seiner meisterhaften Flächenretusche und das Magdalénien mit seinen zierlichen Messern und reichlicher Bearbeitung von Geweih und Knochen sind wohl jeweils durch das

der Schädel ist viel besser gewölbt als bei *Homo primigenius*, dabei hoch und von beträchtlicher Länge. Das Stirnbein trägt zwar kräftige Brauenbogen, aber keinen Supraorbitalwulst. Das Kinn überragt kaum den Zahnbogen. Die Nasenwurzel ist kräftig eingezogen, das Hinterhaupt konisch vorgewölbt, der Warzenfortsatz zapfenförmig ausgebildet. Auch das übrige Skelett zeigt die Merkmale des *Homo sapiens*.



Fig. 7. Schädel von Combe Capelle nach Klaatsch und Hauser.

Einwandern einer neuen Bevölkerung mitgebracht worden, die wohl immer auch Rassenunterschiede aufwies. Unter den zahlreichen Funden treten drei Rassen besonders hervor: die Rasse von Brünn oder Aurignacrasse (Fig. 7), die Grimaldirasse (Fig. 8) und die Rasse von Cro Magnon (Fig. 9).

Die erste wird hauptsächlich vertreten durch einen Fund aus der Franz-Josef-Straße in Brünn, mit Beigaben, die auf ein Endaurignacien deuten, und den Fund von Combe Capelle in Périgord, der von Klaatsch und Hauser der untersten Aurignacienschicht entnommen wurde. Seine Bezeichnung als *Homo aurignacensis* ist nicht berechtigt, da es sich nicht um eine neue Menschenart, sondern um ein zur Sapiensgruppe gehöriges Individuum handelt. Der 40—50 Jahre alte Mann war als liegender Hocker bestattet. Die Körpergröße betrug bei diesen Funden ungefähr 165 cm,

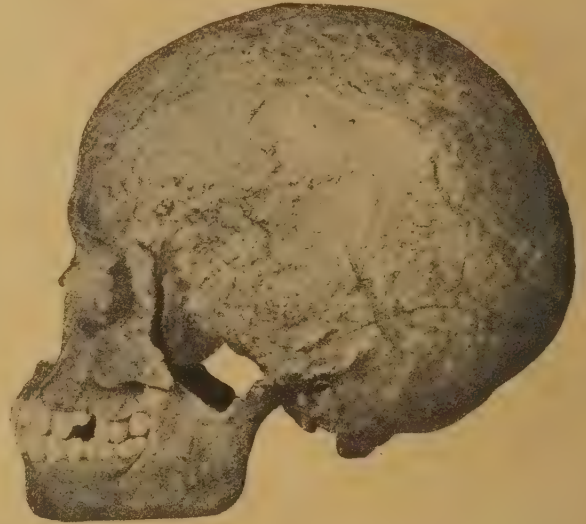


Fig. 8. Schädel des jungen Mannes der Grimaldirasse nach Verneau aus Birkner.

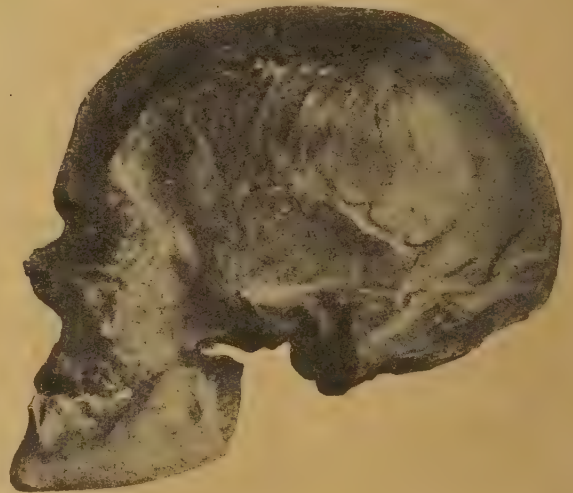


Fig. 9. Schädel des alten Mannes von Cro Magnon nach Birkner.

In den tiefen Kulturschichten der Roten Höhlen bei Mentone wurden neben vielen anderen menschlichen Resten zwei Skelette aufgefunden, die sich durch den Bau des Schädels und der Gliedmaßen als negroid erwiesen. Die Schädel (Fig. 8) sind sehr lang und schmal, die Gesichter ziemlich breit, die Glabella und

die Brauenbogen schwach ausgebildet, die Nasenöffnung breit und nieder, der Oberkiefer stark vorgeschoben (prognath), das Kinn ragt nicht weiter vor als der Vorderrand der Schneidezahnalveolen (Neutralkinn). Die Unterarme und Unterschenkel sind lang gegenüber Oberarm und Oberschenkel. Die Rasse wurde dem Fürsten von Monaco zu Ehren, der die Mittel zu der Ausgrabung gewährt hatte, Grimaldirasse genannt.

Die Rasse von Cro Magnon (Fig. 9) ist nach Skeletten benannt, die unter einem Felsdach dieses Namens im Vézèretal gefunden wurden und drei Männern, einer Frau und einem Fötus angehörten. Ferner kamen 7 Skelette vom gleichen Typus in den Höhlen von Mentone zutage, sowie eines in Laugerie basse. Es ist eine hochwüchsige Rasse (187 cm und mehr), die sich von den schon genannten besonders durch das breite, niedrige Gesicht, die niedrigen Augenhöhlen,

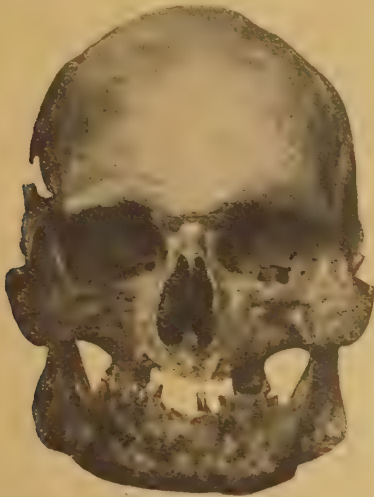


Fig. 10. Schädel des Mannes von Obercassel nach Bonnet.

schmale Nasenöffnung und niedrigen, dabei besonders im Stirnteil breiten Schädel und ein kräftig vorragendes Positivkinn unterscheidet.

Außer diesen wohlcharakterisierten Typen sind noch einige Einzelfunde zu erwähnen, deren Besonderheiten wohl rassialer Art sind. Dahin gehört das Skelett von Chancelade, das gewisse Ähnlichkeiten mit der Cro-Magnon-Rasse zeigt, sich aber durch geringe Körpergröße (ca. 150 cm), schmales Gesicht und andere Merkmale von ihr unterscheidet. Der von Steinmann, Bonnet und Verworn beschriebene Fund von Obercassel bei Bonn lieferte zwei Skelette, anscheinend dem frühen Magdalenien zugehörend, deren Schädel, besonders im Stirnteil, schmal gebaut sind, der männliche (Fig. 10) mit einem Supraorbitalwulst, der beinahe an Homo primigenius oder doch an einen primitiven Australier erinnert, der weibliche mit einem kräftigen Brauenbogen. Gegenüber dem dachförmigen, schmalen Schädel erscheint das Gesicht besonders breit, die Jochbögen

und die Kieferwinkel sind namentlich bei dem Mann stark ausgeladen, die Augenhöhlen niedrig, das Kinn ragt kräftig vor. Auffällig sind viele primitive Merkmale des übrigen Skeletts, runder Querschnitt der Rippen, faßförmiger Brustkorb, plumpe Form und hohe Lage des großen Rollhügels (Trochanter major) am Oberschenkel. Trotz solcher Ähnlichkeiten mit Homo primigenius sind die beiden Skelette doch durch viele andere Merkmale, wie Kleinheit der Knochenenden (Epiphysen), größere Länge der Unterarme und Unterschenkel und anderes von ihm getrennt und als typische Sapiensformen anzusehen. Gewisse Anklänge in der Form, niedrige Kinnplatte, Schaukelform des Unterrandes, lassen die Unterkiefer des Fundes aus dem Hohlefeld bei Nürnberg denen von Obercassel ähnlich erscheinen, und das gilt auch von den übrigen Skeletteilen.

Auf die verschiedenen Rassen des Neolithicum, der jüngeren Steinzeit, die schon den Steinschliff und die Töpferei kennt, und deren etwaige Zusammenhänge mit denen der älteren Steinzeit noch durchaus nicht geklärt sind, kann hier nicht eingegangen werden. Gänzlich bedeutungslos für die ältere Stammesgeschichte sind die in Amerika gemachten Funde; für keinen hat sich das ihm zugeschriebene hohe Alter als tatsächlich erweisen lassen, und morphologisch stimmen sie meist mit rezenten Indianern überein. Amerika hat ja auch niemals Ostaffen oder gar Menschenaffen beherbergt und wurde vom Menschen offenbar verhältnismäßig spät besiedelt.

Die heute lebenden Rassen dürfen wohl alle als Zweige einer und derselben Art, des Homo sapiens, betrachtet werden, da sie sich trotz aller rassialen Verschiedenheit doch in einheitlicher Weise von allen Individuen des Homo primigenius unterscheiden. Wann und wo der Homo sapiens entstanden sein mag, darüber wissen wir nichts. Es ist höchst wahrscheinlich, daß er aus einer dem Homo primigenius ähnlichen Art seinen Ursprung genommen hat. Das scheint jedoch nicht in Europa vor sich gegangen zu sein oder doch nicht in denjenigen Ländern, die bisher die meisten Funde geliefert haben. Denn sonst müßten wir erwarten, Zwischenformen zu finden, deren Einreihung in die eine oder andere der beiden Arten uns Schwierigkeiten bereiten würde. Das ist aber bis jetzt bei keinem Funde der Fall gewesen. Auch diejenigen Vertreter der Sapiensgruppe, die in einigen Merkmalen dem Homo primigenius ähnlich sind, wie z. B. ein Schädel von Brüh in seiner geringen Wölbung oder die Obercasseler Skelette und die Hohlefeldsreste in Einzelheiten des Brustkorbes und des Oberschenkels, können doch in keiner Weise als Zwischenformen bezeichnet werden. Ebenso wenig ist es nach den bisherigen Funden berechtigt, von einer Mischung der beiden Menschenformen zu sprechen. Wenn sie wirklich stattfand, was bei jedem Zusammentreffen zweier Menschenrassen wahrscheinlich ist, so muß sie geringe Spuren hin-

terlassen haben, denn gerade die Funde aus der Kulturperiode des Aurignacien, die auf das Moustérien, die letzte Kultur des *Homo primigenius*, folgte, sind typische Vertreter des *Homo sapiens* ohne nachweisbare Zeichen einer Mischung. Eben- sowenig haben sich bisher Reste der beiden Menschenarten an einem Fundorte in der gleichen Schicht zusammen gefunden. Offenbar hat die gleichzeitige Anwesenheit des *Homo primigenius* und des *Homo sapiens* nur sehr kurz gedauert und mit der Vernichtung des ersteren geendet. Vielleicht hatte die rasche Ausrottung des *Homo primigenius* ihren Grund in dem Besitz von Pfeil und Bogen auf seiten des *Homo sapiens*, den uns schon die quergespaltene Knochenspitzen des älteren Aurignacien vermuten lassen und die Kerbspitzen des Solutrén zur Gewißheit machen.

Als durchaus verfehlt muß die Anschauung betrachtet werden, daß der *Homo primigenius* und gewisse Rassen des *Homo sapiens* verschiedenen Zweigen des Primatenstammes angehörten, die besonders in einem Osttyp und einem Westtyp verkörpert sein sollten. Im Westzweig sollte die Neandertalrasse mit dem Gorilla zusammenhängen, der Ostzweig sollte die Aurignacrasse und den Orang utan als nähere Verwandte vereinigen. Die als Beweis dafür angeführten Einzelheiten im Skelettbau haben ihren Grund in letzter Linie in der Tatsache, daß der *Homo primigenius* wie der Gorilla plump gebaute Arten sind, die Aurignacrasse und der Orang utan dagegen schlanke Arten. Die erwähnte Anschauung müßte mit Notwendigkeit zu der Folgerung führen, daß der Mensch polyphyletisch entstanden sei, d. h. aus verschiedenen Primatenzweigen ohne Zusammenhang hervorgegangen. Eine solche polyphyletische Entstehung ist nicht nur für den Menschen, sondern ebenso für alle anderen Lebewesen durchaus abzulehnen. Wohl können sich Rassen einer Art miteinander vermischen, und es ist sogar als wahrscheinlich anzunehmen, daß aus einem derartigen Rassengemisch im Laufe langer Zeit durch Vorgänge, auf die hier nicht einzugehen ist, eine einheitliche Rasse werden kann. Aber niemals ist eine solche Mischung mit dauerndem Erfolg denkbar zwischen verschiedenen Arten, die sich auch nur einigermaßen voneinander morphologisch und physiologisch entfernt haben. So wenig, wie zwei Zweige eines Baumes sich wieder vereinigen, um einen neuen Zweig aus sich hervorgehen zu lassen, ebenso wenig können das zwei im Stammbaum einmal weit getrennte Arten. Auch die Kreuzung so nahe verwandter Arten, wie Hund und Wolf, kommt nur unter dem vom Menschen ausgeübten Zwange vor, so nahe verwandte Arten, wie Pferd und Esel bringen nur unfruchtbare Nachkommen hervor.

Man wird über solche Anschauungen später ebenso lächeln wie jetzt über den Gedanken *Varrus*, der in der Giraffe eine Kreuzung von Kamel und Leopard sah. Aber bis jetzt wird noch fröhlich weiter phantasiert; gewisse Autoren sind be-

reits dabei angekommen, bestimmte Menschenras- sen aus bestimmten Menschenaffen, diese wieder aus bestimmten niederen Affen, Insektenfressern usw. bis zu bestimmten Schuppentieren, Gürteltieren und Stacheligeln hinunter und diese endlich aus Skink, Chamäleon und Leguan hervor- gehen zu lassen!

Die Gattung Mensch aber ist als Ganzes so einheitlich in ihren Proportionen, in der Enthaa- rung des Körpers, dem Besitz des Lippenrotes, in der über alle Anthropomorphen weit hinausgehen- den Entwicklung des Gehirns und zahlreichen anderen Merkmalen, daß ihr monophyletischer, d. h. einheitlicher, nur einmal aus einem Zweig des Primatenstammes und an einer Stelle erfolg- ter Ursprung außer allem Zweifel steht.

In den Einzelheiten unseres Bildes vom Stammbaum des Menschen hat sich seit *Darwin* manches geändert. Aber die großen Züge sind die gleichen geblieben, und wir dürfen hoffen, daß sie durch neue Funde fossiler Reste Bestätigung und weiteren Ausbau erfahren.

Der Mensch als primitive Tierform.

Von M. Voit, Göttingen.

Seit vor nunmehr 50 Jahren *Darwins* Schrift über die Abstammung des Menschen erschien, ist die Überzeugung, daß auch der Mensch dem ge- waltigen, von Urzeiten her wachsenden und grü- nenden Stammbaum tierischen Lebens ent- sproßte, daß er aus vor ihm gewesenen, niedrigeren tierischen Formen sich entwickelt habe, zum Ge- meingut der gebildeten Welt geworden. Auch über die Stelle im Tierreich, an welcher der Mensch anzugliedern ist, besteht im allgemeinen keine Unklarheit. Denn in allen Einzelheiten seiner Organisation erweist er sich als ein typi- sches Säugetier; und ohne Zweifel gleichen ihm unter den Säugetieren in jeder Hinsicht am meisten die Affen, unter diesen wieder die An- thropoiden, die „Menschenaffen“. Da nun seit alters der Mensch sich für das in jeder Hinsicht vollkommenste Wesen, für die Krone der Schöpfung hielt, so lag dem menschlichen Geiste die Annahme nahe, daß die Entwicklung des Tierreiches bis zum Menschen hin eine in ge- rader Linie fortschreitende Ausgestaltung und Vervollkommenung darstelle. Und in der Tat geht auch noch heute bis in weite Kreise des gebilde- ten Publikums hinein die Vorstellung, daß die Reihenfolge, die in der Tiersystematik gewöhn- lich befolgt wird, nach der auf die Wirbellosen die Wirbeltiere und unter diesen auf die Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel die Säugetiere folgen, dann als letzte unter den Säugern die Primaten, also Halbaffen, Affen und bei diesen wieder zum Schlusse die Anthropoiden, endlich der Mensch aufgezählt werden, einer genetischen Reihe entspreche und durch eine allmählich und stetig fortschreitende Vervollkommenung aller

oder doch der wesentlichsten Organisationsmerkmale bedingt sei. Die Wissenschaft freilich hat diese Auffassung schon von der ersten Annahme des phylogenetischen Gedankens an nicht vertreten. Denn jede genaue Kenntnis der Tatsachen mußte zeigen, daß der Stammbaum des Tierreiches kein geradliniger, sondern ein immer wieder nach verschiedenen Richtungen auseinandergehender, reich verzweigter ist und daß infolgedessen große Gruppen des Tierreiches gar nicht in die Ahnenreihe des Menschengeschlechtes gehören, sondern sich durch Ausgestaltung einzelner Eigenschaften mehr oder minder weit aus dieser Reihe entfernt haben. Schon *Darwin* wies in der genannten Schrift über die Abstammung des Menschen in Anlehnung an *Huxley* darauf hin, daß die Affen und mit ihnen der Mensch „sich aus den Vorfahren der jetzt noch lebenden Lemuriden entwickelt haben, und diese wiederum aus Formen, welche in der Reihe der Säugetiere sehr tief standen“; er schaltete damit sowohl die heute lebenden Halbaffen als auch die große Mehrzahl der „höheren Säugetiere“ aus der Ahnenreihe der Affen aus. Ferner bemerkte *Darwin*, daß die plazentalen Säugetiere sich zwar von Beuteltieren abgezweigt haben, aber „nicht etwa in Formen, welche den jetzt existierenden Marsupialiern sehr gleichen, sondern von deren Vorfahren“, und hob *Parker's* Äußerung hervor, man habe guten Grund, anzunehmen, daß „kein echter Vogel und kein echtes Reptil in die direkte Abstammungslinie zum Menschen eintritt“. Wir sehen also schon hier den Gedanken vertreten, der in der Folge vielfach ausgebaut, wesentlich durch *Haeckel* bis ins einzelne verfolgt und schließlich von *Klaatsch* am weitesten durchgeführt wurde, daß die zum Menschen führende Entwicklungsreihe nicht über hochspezialisierte Formen, sondern im Gegenteil über wenig differenzierte „Wurzelformen“ gegangen ist, die in sich noch die Möglichkeit der Ausbildung nach verschiedenen Richtungen tragen. Der Beweis für diese Anschauung liegt in der Organisation des Menschen, indem — und damit kommen wir zu dem Gedanken, der uns hier wesentlich beschäftigen soll — viele, ja man kann fast sagen die Mehrzahl seiner körperlichen Eigenschaften durchaus primitiven Charakter tragen.

Wenn vergleichende Anatomie, Paläontologie und Entwicklungsgeschichte uns zeigen, daß eine Organisationseigentümlichkeit aus einer anderen, sei es durch weitere Ausgestaltung, Differenzierung, Komplikation oder auch durch Vereinfachung, Reduktion, Unterdrückung einzelner Merkmale hervorgegangen ist, so können wir die ursprünglich vorhanden gewesene Mutterform als primitiv gegenüber der aus ihr entstandenen bezeichnen. Daher finden sich besonders primitive Eigenschaften bei im Stammbaum weit zurückliegenden Tierformen, und es sind das Eigenschaften, die, noch wenig an einseitige Beanspruchung angepaßt, eben deshalb die Möglichkeit

vielseitiger Ausgestaltung in sich tragen. Auch wenn von einem gemeinsamen indifferenten Zustande aus die Umbildung nach verschiedenen Richtungen gegangen ist, aber in der einen Richtung erkennbar weiter vom Ausgangspunkt sich entfernt hat, so wird man den dem ursprünglichen nähergebliebenen Zustand als den primitiveren bezeichnen können.

Als etwa von noch wenig einseitig angepaßten „Vorreptilien“ aus die Entwicklung einerseits zu Reptilien und Vögeln, andererseits zu den Säugetieren vorschritt, haben sich eine Reihe von Organisationsmerkmalen in der Richtung zum Säugetierstamm, eine Reihe anderer in der Richtung zum Vogelstamm weiter vom ursprünglichen Ausgangspunkte entfernt, sind aber jeweils in der anderen Gruppe primitiv geblieben. So unterliegt es keinem Zweifel, daß die Ernährungsverhältnisse des Eies durch Ausbildung der Viviparität und einer vollendeten Brutpflege bei den Säugetieren sich wesentlich über die in dieser Beziehung primitiv gebliebenen Zustände der Vögel erhoben haben. Andererseits weisen aber auch die Säugetiere nicht wenige primitive Eigenschaften gegenüber den Vögeln auf. Der ganze Aufbau des Skelettes, vor allem der zum Flügel gewordenen vorderen Extremität, hat sich bei den Vögeln in einseitiger Anpassung an die Flugtätigkeit weit von der ursprünglichen Ausgangsform entfernt, während er bei den niederen Säugern und, wie wir nachher sehen werden, speziell auch beim Menschen wesentlich primitivere Züge beibehalten hat. Daß Vogelfeder und Säugerhaar aus einer gemeinschaftlichen Anlage sich entwickelt haben, ist, trotz entgegenstehender Theorien, mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen; dann besteht aber kein Zweifel, daß das Haar dieser Ausgangsstufe näher, primitiver geblieben ist als die so reich ausgearbeitete Feder. Auch die Vogellunge mit den von ihr ausgehenden, teilweise bis in die Knochen vordringenden Luftsäcken hat sich jedenfalls weiter von dem ursprünglichen Zustande entfernt, als die in dieser Beziehung primitiver gebliebene Säugetierlunge. Daß die reiche Bezahnung der meisten Säuger einen primitiven Zustand gegenüber der sekundär erworbenen Zahnlosigkeit der Vögel darstellt, geht schon aus dem Vorhandensein des Gebisses bei dem „Urvogel“, der *Archaeopteryx* hervor. Trotz dieser und noch manch anderer primitiver Züge bei den Säugern gegenüber den Vögeln sind doch andererseits bei den Säugetieren so viele Weiterausgestaltungen und Differenzierungen aufgetreten, daß man jedenfalls im ganzen die Klasse der Säugetiere nicht als primitiv gegenüber der der Vögel bezeichnen kann.

Der Mensch als ein typisches Säugetier nimmt an dieser Charakteristik natürlich teil, erweist sich also ebenfalls in manchen Zügen als primitiv gegenüber den Vögeln. Vor allem aber ergibt die Betrachtung seiner Organisation und ihre

Vergleichung mit der der anderen Säugetiere, daß er in vielen und wichtigen Eigenschaften gegenüber den meisten plazentalen Säugern auf recht primitiver Stufe stehen geblieben ist, ein Beweis eben dafür, daß die zu ihm führende Stammesreihe nicht über die „höheren“, spezialisierten Säuger ging, sondern wesentlich an Formen anknüpfte, die der Wurzel des Säugerstammes nahestehen.

Zwei Eigenschaftskomplexe vor allem haben die Säugetiere in Anpassung an spezielle Lebensbedingungen weitgehend und mannigfach variiert und weitergebildet, die von der Art der Fortbewegung abhängige Gestaltung der Extremitäten und die von der Ernährungsweise beeinflusste Bildung des Gebisses und Magendarmkanales. Hauptsächlich die Ausgestaltung dieser beiden Körpergebiete, der Extremitäten und des Ernährungsapparates, hat zu der so reichen Gliederung der plazentalen Säugetiere in die Ordnungen der Insektenfresser, Nager, Fledermäuse, Fleischfresser, Huftiere usw. geführt. Und gerade in diesen beiden Hinsichten haben die Primaten, hat vor allem der Mensch recht primitive Verhältnisse beibehalten.

Die menschlichen Gliedmaßen, namentlich ihre distalen Abschnitte Hand und Fuß, zeigen in ihrem Grundplan geradezu altertümlichen Charakter. Sie entsprechen noch wesentlich dem Schema der pentadaktylen Extremität, wie es schon bei den niedersten Landwirbeltieren in Erscheinung tritt. Die Fünffzahl der Finger und Zehen gehört zu diesem primitiven Schema; denn wenn auch bei den heute niedersten landlebenden Wirbeltieren, den Amphibien, die Hand meist nur 4 Finger besitzt, so läßt sich doch erweisen, daß es sich dabei um eine sekundäre Rückbildung des ersten Fingers handelt; die Reptilien dagegen haben zumeist die Fünffzahl beibehalten, während die Vögel sich in bezug auf diesen Punkt ziemlich weit vom ursprünglichen Verhalten entfernt haben; sehr verbreitet ist dann die Fünffzahl wieder bei den niederen Säugetieren, bei den Kloaken- und Beuteltieren sowohl als auch den nicht nur hierin primitiven Ordnungen der Insektenfresser, Fledermäuse, Nager; fünffingrig waren auch nach sicheren paläontologischen Zeugnissen die Vorfahren der Huftiere, bei denen sich die Reduktion der Finger- bzw. Zehenzahl an bekannten Paradebeispielen fossiler Formen belegen läßt. Und in besonders reiner Form haben dieses primitive Merkmal der Fünffingrigkeit die Halbaffen, Affen und der Mensch bewahrt; nur bei wenigen Affen ist die Fingerzahl durch Unterdrückung des Daumens auf vier reduziert, bei Anthropoiden und Mensch ist sie die ursprüngliche geblieben. Auch die wichtige, die Hand zum Greiforgan gestaltende Eigenschaft, daß der Daumen den übrigen Fingern gegenübergestellt werden kann, ist keine Neuerwerbung des Menschen, sondern eine alte Errungenschaft, die schon bei den Halbaffen voll ausgebildet, dagegen bei

den Neuweltaffen vielfach sekundär zurückgetreten ist. *Klaatschs* Ansicht freilich, der diese Eigenschaft bis in die Urfänge der Säugetierentwicklung zurückverfolgen zu können glaubte, da er in den triassischen „Chirotherienfährten“ Fußspuren von Tieren mit opponierbaren Daumen und ersten Zehen sah und diese Tiere in Beziehung zur Vorfahrenreihe der Säuger brachte, ist bei der Unsicherheit der Deutung dieser Fährten wohl nur als eine interessante Spekulation zu betrachten. Sicher ist aber, daß der Mensch in der relativen Größe des Daumens, die er mit den Halbaffen gemeinsam hat, sich primitiv verhält gegenüber den meisten Affen, bei denen eine unverkennbare Neigung zur Verkümmern des Daumens besteht. Auch in Zahl und Anordnung der Handwurzelknochen hat der Mensch mit dem ganzen Primatenstamm sich weitgehende Ursprünglichkeit bewahrt. Im ganzen kann man also wohl *Wiedersheim* beipflichten, wenn er sagt, daß die Hand als solche nicht erst von einer anthropoiden Stammform auf den Menschen übertragen wurde, sondern schon tief unten im Säugerstamm wurzelt.

Ähnlich, aber doch anders steht es mit dem menschlichen Fuß. Auch er hat zwar manche primitive Eigenschaft beibehalten. Eine solche ist, wie wir sahen, die Fünffzähigkeit; eine solche ist auch die Fähigkeit, mit der ganzen Sohle aufzutreten; denn es ist kein Zweifel, daß dieses das primitivere Verhalten gegenüber dem Halbsohlen- und Zehengang ist, da es sich bei den nicht-säugenden Vierfüßlern und den niederen Säugern wesentlich verbreitet findet. In manch anderer Beziehung hat sich freilich der Menschenfuß bei Erwerbung des aufrechten Ganges gegenüber dem primitiveren Greiffuß der Affen weiter differenziert, indem er vor allem durch starke Entwicklung des Großzehenstrahles und Ausbildung der Gewölbekonstruktion sich zum trefflichen Stützorgan des aufgerichteten Körpers ausbildete.

Nicht nur die Endplatten der Extremitäten, Hand und Fuß, sondern auch das Skelett des Gliedmaßenstieles zeigt beim Menschen ein ursprüngliches, wenig differenziertes Verhalten. Bei vielen Säugern kam es zu einer mehr oder minder vollständigen Unterdrückung des einen der beiden Vorderarmknochen, der Ulna; beim Menschen sind beide in ursprünglicher, harmonischer Ausbildung vorhanden; am Unterschenkel macht sich freilich in Anpassung an die reine Stützfunktion bereits ein Unselbständigwerden der Fibula bemerkbar. Auch in der guten Ausbildung des Schlüsselbeins kann man beim Menschen ein primitives Merkmal sehen gegenüber so vielen Säugern, bei denen in Anpassung an vereinfachte, pendelnde Bewegung der Extremität das Schlüsselbein vollständig verlorengegangen ist.

Ziehen wir nun gleich auch das Rumpf- und Kopfskelett in den Kreis unserer Betrachtung, so können wir auch da beim Menschen manche

ursprünglichen Merkmale finden. Vor allem zeichnet sich der menschliche Schädel durch den Mangel derjenigen sekundären Veränderungen aus, die in Korrelation mit Geweihen, Hörnern, Stoßzähnen und ähnlichen Schutz- und Trutzwaffen oder in Anpassung an einseitig spezialisierte Bezahnung bei vielen Säugetieren in so reichem Maße aufgetreten sind. Auch der Schädel der Anthropoiden hat sich von einem dem menschlichen ähnlichen, harmonischeren Zustande wohl infolge starker Ausbildung des Gebisses nachträglich entfernt; das läßt sich aus der noch großen Ähnlichkeit des kindlichen Anthropoidenschädels mit dem menschlichen erschließen. Die altertümliche Stellung des menschlichen und im ganzen des Primatenschädels ergibt sich auch aus der Betrachtung früher Entwicklungsstufen; deutlicher als bei vielen anderen Säugetieren treten am Primordialschädel, der knorpeligen Vorstufe des knöchernen Schädels, eine Reihe von Eigentümlichkeiten auf, die noch an Verhältnisse am Primordialschädel von Reptilien erinnern, so das Septum interorbitale oder die Interklinoidspange und andere Reste der „reptiloiden“ Schädelseitenwand.

War die Art der Fortbewegung mit ihrem Einfluß auf die Extremitäten das eine der beiden wesentlichen Momente für die Spezialisierung der Säugetiere, so ist, wie wir schon sagten, das andere in der Art der Ernährung und ihrer Wirkung auf Gebiß und Magendarmkanal gegeben. Auch hierin haben sich die Primaten, hat sich der Mensch gewissermaßen nicht allzuweit in extravagante Experimente eingelassen. Was zunächst das Gebiß anlangt, so muß angenommen werden, daß die ältesten Säugetiere ein gut entwickeltes, aus zahlreichen, aber ziemlich gleichartigen und einfach gebauten Zähnen bestehendes Gebiß besessen hatten; der Unterschied von Schneide-, Eck- und Backenzähnen wird wohl schon vorhanden gewesen sein, da er sich schon bei gewissen fossilen Reptilien findet, die vielleicht in naher Verwandtschaft mit den Säugern stehen, den Theriodonten. Was hat sich nun aber aus solchem primitiven Gebisse bei den einzelnen Säugetieren alles an extremen Formen herausgebildet! Vielfach und vor allem ist es zu Reduktionen gekommen, von der Unterdrückung einzelner Zähne oder Zahngruppen, wie der oberen Schneidezähne bei den Wiederkäuern, bis zum weitgehenden, schließlich völligen Mangel der Bezahnung etwa bei den danach benannten Edentaten oder bei den Bartenwalen. Außerdem hat die Form der Zähne in allerverschiedenster Weise variiert; der Nagezahn eines Nagers, der mit schmelzhaltiger Krone versehene Mahlzahn eines Wiederkäuers oder Elefanten, der Reißzahn des Raubtieres sind solche an die Nahrung und die besondere Art ihrer Zerkleinerung extrem angepaßte Formen, und schließlich sind vielfach die Zähne zu mehr oder minder gefährlichen und gewaltigen Waffen ausgebildet worden, wie der

Stoßzahn des Elefanten, der Hauer des Ebers. Einfach und primitiv erscheint dagegen das Gebiß der Primaten; ihre Nahrung, wohl hauptsächlich Früchte und kleines Getier des Urwaldes, muß keine besonderen Anforderungen an die Zähne gestellt haben. So sind die Backenzähne relativ einfache, mehrspitzige Höckerzähne geblieben, wie sie schon bei ältesten Säugetieren vorkommen. Ganz ursprünglich ist freilich das menschliche Gebiß auch nicht mehr; so zeigen sich die auch in anderen Dingen altertümlicheren breitenasigen Neuweltaffen darin, daß sie noch einen Prämolazahn mehr haben, primitiver als die schmalnasigen Altweltaffen, denen sich der Mensch anschließt. Höchst wahrscheinlich ist, daß der gewaltige Eckzahn der Anthropoiden erst eine sekundäre Erwerbung, eine Entfernung von einem dem menschlichen Gebisse ähnlicheren Zustande darstellt, so daß hierin der Mensch sich wiederum primitiver gegenüber den Anthropoiden verhält.

Und wie im Gebiß, so hat sich im Bau des Darmkanales die Ahnenreihe des Menschen vor weitgehender Spezialisierung bewahrt. Es ist da nur auf die Form des Magens hinzuweisen, die bei verschiedenen Säugern spezielle Ausgestaltungen erfahren hat, z. B. durch blindsackförmige Ausbuchtungen oder durch Gliederung in verschiedene Abteilungen, wohl am kompliziertesten bei den Wiederkäuern, aber bei den Primaten und beim Menschen einfach geblieben ist wie bei niederen Säugern, ja schon nichtsäugenden Wirbeltieren.

Noch manche andere Eigentümlichkeiten seines Körperbaues ließen sich aufzählen, in denen der Mensch auf einer Stufe der phylogenetischen Entwicklung stehen geblieben ist, die von anderen Tieren, bald von vielen, bald von wenigen längst verlassen wurde; wir könnten solche wohl im Gebiete aller Organsysteme aufdecken; es würde aber zu weit führen, auf alle hinzuweisen. Nur einige Beispiele mögen noch erwähnt sein, die der Keimesentwicklung angehören. *Hubrecht* hat darauf aufmerksam gemacht, daß frühe Stadien menschlicher Fruchtblasen, die in vieler Beziehung von denen anderer Säuger abweichen, eine weitgehende Ähnlichkeit mit entsprechenden Stadien von *Tarsius spectrum*, einem Halbaffen, besitzen, so daß es sich auch da nicht um neu erworbene, sondern altererbte Formeigentümlichkeiten handelt. Auch daß die sogenannten äußeren Glomeruli der Vorniere, Bildungen, die bei niederen Wirbeltieren eine Rolle spielten, bei den Säugern aber nur mehr rudimentär auftreten, gerade beim Menschen noch in relativ guter Ausbildung vorkommen, ist ein Zeichen primitiver Organisation.

So ist uns also längst klar geworden, daß der Mensch durchaus nicht in jeder Beziehung seines Körperbaues an der Spitze des Tierreiches marschiert; gewissermaßen die letzte Errungenschaft der Organisation darstellt. Im Gegenteil

hat offenbar die zum Menschen führende Stammesreihe eine ganze Anzahl Eigenschaften mit großem Konservativismus auf ursprünglichem Zustande erhalten, die bei den in anderer Richtung abgehenden Zweigen des Tierstammes sich in verschiedenster Art weitergebildet, spezialisiert, einseitigen Lebensbedingungen angepaßt haben. Wohl mußte der Mensch infolgedessen auf manchen Vorteil verzichten, den derartige Anpassungen für den Kampf ums Dasein gewähren. Aber solche spezielle Anpassungen sind doch auch immer gefährlich; denn sie bedeuten eben mehr oder minder eine Einschränkung auf die besonderen Lebensbedingungen, denen sie ihre Entstehung verdanken. Deshalb sind bei Veränderungen der Umwelt oft gerade die hochspezialisierten Formen im Nachteil; im Laufe der geologischen Epochen sehen wir solche Tiere, die bestimmte Eigenschaften, etwa die Körpergröße, auf die Spitze getrieben hatten, aussterben, während die Weiterentwicklung zu neuen Zweigen von den primitiver und damit allseitiger gebliebenen Formen ausgeht. Und eine solche Weiterentwicklung ist schließlich doch auch im Primatenstamm eingetreten, in der spezialisierten Ausbildung des zentralen Nervensystems. Sie hat schon bei den Affen hohe Grade erreicht, dann ihren gewaltigsten Aufschwung genommen, als mit der Erwerbung des aufrechten Ganges die vordere Extremität, die eben noch nicht durch einseitige Anpassung in der Verwendbarkeit beschränkte Hand, völlig frei wurde zu mannigfachem Gebrauch. Wie aber durch die Ausbildung dieser einen Eigenschaft, die allmähliche hohe Entwicklung der geistigen Kräfte, der Mensch den gewaltigen Vorsprung vor allen Tieren gewann, das gehört nicht mehr zu unserem Thema vom „Menschen als primitiver Tierform“.

Der Ursprung des Intellektes.

Von K. Bühler, Dresden.

1.

Darwin war kein schlechter Psychologe, sein Buch „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und bei den Tieren“ enthält viele feine Beobachtungen, die heute noch nicht überholt sind. Doch fehlt dem kühnen Theoretiker auf dem Gebiet des Geistigen das Verständnis des Ganzen und jener sichere Griff, den man sonst in biologischen Dingen an ihm bewundert. Wir stellen zunächst seine Hauptgedanken zur Entwicklungsgeschichte des Geistes zusammen. Als Basis für die geistige Entwicklung des Menschen betrachtet *Darwin* die Gemeinschafts-, die Herdeninstinkte: die wichtigsten intellektuellen und moralischen Fähigkeiten sind hauptsächlich oder sogar ausschließlich zum Besten der Gemeinschaft gewonnen worden und haben so den Einzelwesen indirekt Vorteile gebracht. Ich denke mir, die hohe Einschätzung des Entwicklungswertes der

moralischen Eigenschaften, die ja ein typisch soziales Gepräge tragen, und der Gedanke an die Leistungen der staatenbildenden Insekten haben diesem Leitsatz Pate gestanden („So sind die wundervoll verschiedenen Instinkte, Geisteskräfte und Gemütsbewegungen der Ameisen allbekannt, und doch sind ihre Gehirnganglien nicht so groß wie der vierte Teil eines Stecknadelkopfes. Von diesem Gesichtspunkt aus ist das Gehirn der Ameise eines der wundervollsten Stoffgebilde der Welt, vielleicht mehr noch als das menschliche Gehirn“¹⁾). — Eine besondere Folie erhält dann die geistige Entwicklung durch das Ergebnis eines Vergleichs von Tier und Mensch nach ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit: der Mensch sei körperlich eines der hilflosesten und wehrlosesten Geschöpfe der Welt und sei dies in weniger entwickeltem Zustande vermutlich noch mehr gewesen als heute. Der Herzog von *Argyll* habe gezeigt, „daß der menschliche Körperbau von der Struktur der Tiere in der Richtung größerer physischer Hilflosigkeit und Schwäche abgewichen sei. Das will besagen, daß eine Divergenz vorhanden, die von allen anderen am wenigsten einfach der natürlichen Zuchtwahl zugeschrieben werden könnte. Er führt an den nackten, ungeschützten Körper, den Mangel großer Zähne und Klauen zur Verteidigung, die geringe Kraft und Schnelligkeit des Menschen und seine unbedeutende Fähigkeit, Nahrung aufzufinden oder Gefahr zu wittern. Diesen Mängeln könnte noch ein viel ernsterer zugefügt werden: er kann nämlich nicht rasch klettern und solchermaßen seinen Feinden entweichen“ (S. 94). Und so hat denn der Mensch die Stellung als Allein- und Allbeherrscher der Erde einzig seiner geistigen Überlegenheit zu verdanken, die ihn, um mit *Wallace* zu sprechen, in stand setzten, „sich (auch) mit einem unveränderlichen Leibe mit dem veränderlichen Weltall in Einklang zu bringen“ (S. 190); die geistigen Fähigkeiten aber sind in hervorragendem Maße variabel und unterliegen dem Entwicklungsprinzip der natürlichen Zuchtwahl.

Das Bild nun, das *Darwin* von der geistigen Urgeschichte des Menschen entwirft, ist im ganzen unzulänglich und veraltet; den Stier bei den Hörnern zu fassen, d. h. nach den Leistungen des Geistigen und nach seinen Arten oder Entwicklungsstufen zu forschen, wagt er nicht; eine allgemein anerkannte Klassifikation der „Geisteskräfte“ findet er nicht vor; er verbeißt sich beim Vergleich von Tier und Mensch von vornherein in den Kontinuitätsgedanken und setzt sich vor: „ich werde diejenigen Tatsachen auswählen, welche den größten Eindruck auf mich gemacht haben, in der Hoffnung, daß sie bei dem Leser die gleiche Wirkung hervorrufen werden“ (98). Folgt eine Aufreihung: Gemütsbewegungen, Nachahmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Ein-

¹⁾ Die Abstammung des Menschen, 1. Bd., S. 81. Ich zitiere der Bequemlichkeit halber nach der in Deutschland wohl meistgelesenen Reclamübersetzung.

bildungskraft, Vernunft — auf allen Gebieten gibt es Analoga und Vorstufen der menschlichen Leistungen bis hinab zu den Fischen und noch tiefer zu den wirbellosen Tieren. Und negativ, kritisch ein Gang durch all die wechselnden, immer wieder neu versuchten Formulierungen und Begründungen des alten Satzes von der angeblichen Wesenskluft zwischen Mensch und Tier. Nur der Mensch, heißt es, sei einer dauernd *fortschreitenden geistigen Entwicklung* fähig; aber auch Tiere lernen, und die amerikanischen Pelzjäger wissen, daß der Wettkampf den Scharfsinn, die Vorsicht und die List ihrer Beutetiere auf fast unglaubliche Grade gesteigert hat. Kein Tier soll *Werkzeuge* benutzen; aber die Affen verwenden Steine und Äste zu allerhand nützlichen Betätigungen. Die Bildung *allgemeiner Begriffe* durch Abstraktion sei dem Menschen vorbehalten; aber wenn z. B. ein Hund in der Ferne einen Artgenossen sieht und sein Verhalten erst beim Näherkommen und Erkennen, ob Freund oder Feind, differenziert, oder wenn er auf den Befehl zu suchen, erst den Busch nach irgendeinem Wilde durchschnuppert und dann an einem benachbarten Baum aufblickt, ob etwa ein Eichhörnchen zu sehen ist, „zeigt diese Handlungsweise nicht deutlich, daß in seinem Geiste eine allgemeine Idee oder Auffassung vorhanden sei, irgendein Tier sei aufzuspüren und zu erjagen?“ (124 f.). Vielleicht, vielleicht auch nicht; aus derart isolierten Beobachtungen ist über die Vorstellungen des Hundes so gut wie gar nichts zu entnehmen.

Kommt das Paradeppferd, die menschliche *Sprache*; zugegeben: „Der gewöhnliche Gebrauch einer artikulierten Sprache ist nur dem Menschen eigentümlich, aber er benutzt gleich den niedrigen Tieren auch unartikulierte Laute, unterstützt von Gebärden und Bewegungen der Gesichtsmuskeln, um seine Empfindung auszudrücken. Dies gilt zumeist von den einfacheren und lebhafteren Gefühlsausdrücken, die mit unserer höheren Intelligenz nur in loser Verbindung stehen. Unser Schrei des Schmerzes, der Furcht, des Zornes, vereint mit den entsprechenden Bewegungen, das Murmeln der Mutter ihrem geliebten Kinde gegenüber; sind ausdrucksvoller als irgendwelche Worte“ (127). Und in dieser natürlichen, ursprünglichen Sprache leisten auch Tiere Beträchtliches, „in Paraguay äußert der Cebus Azarae, wenn er gereizt wird, wenigstens sechs verschiedene Laute, die bei anderen Affen ähnliche Emotionen hervorrufen. Gesten und Mienspiel der Affen werden von uns verstanden, und auch sie verstehen teilweise die unsrigen, wie Rengger und andere bemerken. Eine noch merkwürdigere Tatsache ist, daß der Hund seit seiner Domestikation gelernt hat, in vier oder fünf verschiedenen Tönen zu bellen“ (Eifer auf der Jagd, Zorn, Verzweiflung, Freude, Verlangen). Gewiß; und damit ist eine Grundfunktion der menschlichen Sprache getroffen; die Sprache gehört in

die Gesellschaft der Ausdrucksbewegungen, durch die innere Zustände, Verfassungen, Erlebnisse äußerlich wahrnehmbar *kundgegeben* werden. Dies Thema hat Darwin aufgestellt und Wundt am reichsten ausgeführt. Allein es erschöpft die Leistungen der Sprache nicht; wenn wir einen Aussagesatz als richtig oder falsch beurteilen, kommt eine ganz andere Grundfunktion der Sprache zum Vorschein, nämlich die „Darstellung“. Ähnlich wie Bilder und andere graphische Systeme dazu da und geeignet sind, Dinge und Verhältnisse zu repräsentieren, so ist es auch mit der menschlichen Sprache, dem universellsten Darstellungsmittel, das der Menschegeist erfunden hat. Und diese Leistung geht nicht in Kundgabe auf, wer sie entwicklungsgeschichtlich verstehen will, muß anders vorgehen als Darwin und Wundt¹⁾.

Formen, Farben, Laute bestimmter Art erregen zur Paarungszeit das Weibchen und finden sein „Wohlgefallen“, wenn sie von den Männchen zur Schau gestellt werden. Dies ist nach Darwin der biologische Ursprung des „Schönheitssinnes“. In der Liebe und dem Abhängigkeitsgefühl, die den Hund mit seinem Herrn, den Affen mit einem geliebten Wärter verknüpfen, sieht er das primitivste Analogon der religiösen Abhängigkeitsrelation und akzeptiert damit eine Auffassung, die Hegel polemisch dem von ihm nicht voll verstandenen Schleiermacher aufgebürdet hat; Spekulationen über das Leben, den Tod und die Träume dürften bei einer gewissen Höhe der Phantasie, der Neugier, der Vernunft unsere Urahnen zum Seelenglauben gebracht haben. Verhältnismäßig breit ausgeführt (4. Kapitel) sind die Gedanken über den Ursprung der *Moral*: „Die nachfolgende Annahme scheint mir in hohem Grade wahrscheinlich, nämlich, daß jedes wie immer geartete Tier, das mit gut ausgeprägten geselligen Instinkten begabt ist — Eltern- und Kindesliebe mit inbegriffen —, unabänderlich das Moralgefühl oder Gewissen sich erwerben würde, sobald seine intellektuellen Kräfte sich so gut oder fast so gut wie beim Menschen entwickeln würden“ (145 f.). Folgt ein rekonstruktiver Beweisgang, worin das Vergnügen am Zusammensein mit Artgenossen samt der Sympathie und der Erweiterung der instinktiven Hilfeleistungen, die sich daraus ergeben, weiter die Erinnerung an vergangene Fälle sozialen Verhaltens mit ihrer Instinktbefriedigung, dann die Sprache als das Ausdrucksmittel der Gemeinschaftsbedürfnisse, d. h. als Organ der öffentlichen Meinung, und endlich die Gewohnheit als wichtiger Faktor der Sitten aufmarschieren, um das menschliche „Moralgefühl“ samt dem Gewissen aufzubauen.

Und nun zur Kritik. Die Diskussion der Ursprungsfragen ist im Lager der Geisteswissenschaften seit Darwin nicht mehr zur Ruhe gekommen und hat ein reiches Material an Tat-

¹⁾ Vgl. Bühler, Kritische Musterung der neueren Theorien des Satzes. Indogerm. Jahrb. 6 (1919).

sachenkenntnis und theoretischen Versuchen gezeitigt. So einfach, wie er die Dinge zeichnete, erscheinen sie uns heute nicht mehr. Sprache, Kunst, Sitte, Recht, Religion sind jedes in seiner Art sehr verwickelte Gebilde mit vielen Wurzeln; es bedeutet wenig, wenn man je die eine oder andere von ihnen aufgezeigt hat. Und weiter, es sind *Sinngebilde* mit eigenen Strukturgesetzen; es führt zu unglaublicher Verkümmern und Vergewaltigung der Tatsachen, wenn man sie ohne genügende Kenntnis von ihrem Wesen, ohne gründliche phänomenologische Analyse, wie man heute zu sagen pflegt, aus einem hypothetisch angesetzten Ausgangszustand, sei dies nun die Seele des Affen, des Hundes oder gar, wie einige Kontinuitätsfanatiker nach *Darwin* wollten, der Amöbe genetisch abzuleiten versucht. Mit vagen Analogien ist alles, d. h. so viel wie nichts zu beweisen. *Darwin* selbst hat sich von ihnen frei gehalten — doch wir müssen uns ein Eingehen auf Einzelheiten versagen.

Die Hauptbedeutung des Darwinismus für die Geisteswissenschaften liegt nach meiner Auffassung an einer anderen Stelle. *Darwin* hat uns eine Formel gegeben, er hat im großen gezeigt, wie Zweckgebilde im Bereich des Organischen entstehen können, und in dieser Formel liegen die fruchtbarsten Keime zu einer allgemeinen Theorie der geistigen Entwicklung beschlossen, wenn man nur versteht, sie richtig anzuwenden. Es sei mir gestattet, diesen Gedanken in wenigen Strichen zu skizzieren; er ist in der 2. Auflage meines Buches „Die geistige Entwicklung des Kindes“ (Jena 1921) näher ausgeführt und begründet.

2.

Eine Motte fliegt immer wieder gegen das Licht, an dem sie ihre Flügel versengt, ohne, soweit wir wissen, durch schlimme „Erfahrungen“ zu lernen. Der erste Fortschritt über das durch starre Instinkte allein geregelte Verhalten heißt assoziatives Gedächtnis oder *Dressur*. Wir vermögen die Tatsachen des sogenannten mechanischen Lernens der Tiere gar nicht anders zu verstehen als mit Hilfe der Darwinschen Formel von der Auslese des Zweckmäßigen; mit einer wichtigen Modifikation freilich, die er selbst noch nicht erkannt hat. Ein Beispiel, *Darwin* nimmt in seinem Werke einen Gedanken des Sprachforschers *Max Müller* auf: „Sehr richtig bemerkt *Max Müller*: «Ein Kampf ums Dasein findet stets in jeder Sprache zwischen den Wörtern und grammatikalischen Formen statt. Die besseren, leichteren und kürzeren Formen gewinnen beständig die Oberhand und sie verdanken ihren Erfolg der ihnen eigenen Kraft.» Diesen gewichtigeren Ursachen des Überlebens gewisser Wörter läßt sich noch die bloße Neuheit und Modesucht zufügen; denn im Menschengenote besteht eine starke Vorliebe für geringe Veränderungen aller Art. Das Überleben oder Erhaltenbleiben gewisser Lieblingswörter im Kampf ums Dasein ist natürliche Zuchtwahl“ (193 f.).

Das ist streng genommen nicht richtig, denn zum Begriff der natürlichen Zuchtwahl gehört, daß die bevorzugten Gebilde (Individuen) kurz gesagt zur Vererbung zugelassen werden. Siegreiche Wörter aber werden nicht zur Vererbung, sondern zum *Sprachus* zugelassen. Der Sprachusus ist zunächst eine Angelegenheit jedes sprechenden Individuums für sich und dann in weiterer Folge eine Angelegenheit der Tradition. Nun mag man immerhin die Tradition ihrer Leistung nach eine Art geistiger Vererbung nennen, so unterscheidet sie sich doch biologisch ganz scharf dadurch von der wirklichen Vererbung, daß das Keimplasma direkt jedenfalls nichts mit ihr zu tun hat. Nein, es handelt sich bei dem Überleben der zweckmäßigen Wörter um nichts anderes als um einen Spezialfall der *Dressur*.

Mit Belohnung und Bestrafung, Zuckerbrot und Peitsche arbeitet der menschliche Abriecher und ahmt damit nach, was die Natur ihm vorgemacht hat; denn auch in Freiheit lernt das dressierbare Tier durch Erfolg und Mißerfolg. Die umfangreichen Experimente der modernen Tierpsychologie sprechen in diesem Punkte eine deutliche Sprache; das Tier wird in eine neue Situation versetzt, z. B. in ein Labyrinth mit verwickeltem Ausgang oder in einen Käfig, der sich nach Umdrehen eines Riegels, beim Zug an einem Seil oder sonstwie nach einer bestimmten dem Tiere naheliegenden Verhaltensweise automatisch öffnet, und stets verläuft das Lernen nach demselben allgemeinen Schema: planloses Probieren, d. h. eine variierende unruhige Tätigkeit des Tieres schafft einen Spielraum, in dem anfangs der Zufall zum Erfolg führt. Dann ist irgend etwas im Spiele, was bei häufiger Wiederholung dem erfolgreichen Verhalten allmählich eine Gedächtnisbegünstigung verschafft, sagen wir einmal, die mit dem Erfolg verbundene Befriedigung, so daß die Phase des Probierens nach und nach abgekürzt wird und schließlich ganz verschwindet. Elegant zahlenmäßig verfolgbar ist dieser allmähliche Sieg des Zweckmäßigen über die „Mißgriffe“ in den sogenannten Wahldressuren, wo nur zwei Möglichkeiten, ein Entweder-Oder offen steht und die Zahl der Fehlgriffe von 50 % auf 0 % absinkt. Eine fertige Gewohnheit sieht dank ihres prompten, glatten Verlaufes den instinktiven Betätigungen zum Verwechseln ähnlich. Uns interessiert die Parallele zur Auslese durch natürliche Zuchtwahl, in beiden Fällen wird das Zweckmäßige durch einen variierenden Überschuß mit nachfolgender ausmerzender und bevorzugender Auswahl erreicht. Nur geht es bei der natürlichen Zuchtwahl um die Existenz von Individuen und Vererbung günstiger Erbeigenschaften, bei der *Dressur* um die gleichmöglichen Verhaltensweisen eines und desselben Individuums und die Entstehung von Gewohnheiten, die von jedem Individuum neu erworben werden müssen.

Mit einem Wort: Der Schauplatz der Auslese und der Prozeß der Auslese sind bei der *Dressur*

in das Individuum hineinverlegt; was es erblich dafür mitbringt, ist die Fähigkeit zur Dressur, anatomisch gesprochen gewisse Einrichtungen im Zentralnervensystem (Gedächtnis-, Assoziationszentren) und ein gewisses Maß von Ungeformtheit und Bildsamkeit, Plastizität seiner Verhaltensweisen. Bei dem höchstdressierbaren Wesen, dem Menschen, geht dies so weit, daß uns seine Instinkte im Vergleich mit den festgefügtsten Verhaltensweisen niederer Tiere, z. B. der Insekten, ganz verwaschen, aufgelöst, zerfasert anmuten. Mag sein, daß eine gewisse Art von Spielraum, d. h. von Unbestimmtheit der Reaktionen auf äußere Einflüsse samt der Fähigkeit des Individuums, festere Geleise einzufahren, also Gedächtnis im weitesten Sinne des Wortes, die ursprüngliche Natureinrichtung ist, aus der Instinkte und Dressur gleichmäßig hervorgehen, so bleibt doch der greifbare Unterschied zwischen den relativ starren verwickelten Instinkten auf der einen und der hochgetriebenen Plastizität des dressierbaren Individuums auf der anderen Seite als ein Unterschied der Entwicklungsrichtungen bestehen. Die eine von ihnen geht zu immer höherer Komplizierung und Differenzierung der gebrauchsfertig vererbten Verhaltensweisen, die andere zur Ausbildung der Lernfähigkeit. Die letztere Entwicklungslinie beherrscht die Wirbeltierreihe und kulminiert im Menschen, der in seinem Leben unvergleichlich viel mehr lernen muß als irgendein anderes Lebewesen; die andere Richtung hat gewisse Höhepunkte bei den Insekten erreicht, deren Instinkte von jeher das stauende Interesse der Forscher erregt haben. Und, um es noch einmal zu betonen, das Grundschemata, nach dem zweckmäßige Verhaltensweisen neu geschaffen werden, ist dort und hier dasselbe, ist der von Darwin erkannte Vorgang der Auslese.

3.

Mit Instinkt und Dressur sind aber die tatsächlichen Entwicklungsrichtungen nicht erschöpft, es gibt noch eine dritte, und die heißt *Intellekt*. Man kann durch eine einfache theoretische Erwägung, durch eine Art abrechnender Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Instinkt und Dressur eine Vorkonstruktion ausführen. Die Vorteile der Dressur liegen auf der Hand, individuelle Anpassung durch Lernen, Erfahrung, Ausprobieren vermag rascher und feiner als die schwerfällige Zuchtwahl einem schnellen und raschen Wechsel der äußeren Lebensbedingungen Schritt zu halten. Sie ist in gewisser Hinsicht auch billiger als die Erzeugung neuer Instinkte, denn im variierenden Überschuß werden bei ihr nicht ganze Generationen von Individuen aufs Spiel gesetzt, sondern nur probierende Betätigungen, Körperbewegungen, vorausgesetzt eben, daß solche darunter sind, die zum Erfolge führen und durch Wiederholung zu eingeübten Gewohnheiten werden, worauf wieder ein stationärer Zustand erreicht ist. Eine schwache Stelle in der Dressur ist der unfertige Zustand

während des Lernens; wir wissen aus eigener Erfahrung und sehen es im Tierexperimente, daß zu jedem mechanischen Lernen Zeit und Wiederholungen gehören, ungefähr so, wie zum Kriegführen das Geld, und daß die Leistungen während der Übungsperiode in hohem Grade unvollkommen sind. Beides im Gegensatz zu dem von vornherein prompt und ökonomisch arbeitenden Instinkte; man vergleiche die Präzisionsarbeit der Bienenwabe etwa mit den Bauwerken primitiver Menschen. Mag dieser Vergleich in gewisser Hinsicht schief sein, jedenfalls zeigt die Überlegung, an welcher Stelle ein weiterer Fortschritt möglich ist. Angenommen, die Vorteile der individuellen Anpassung könnten auch ohne den Nachteil einer langdauernden Einübung erreicht werden, angenommen, das zweckmäßige Verhalten in einer neuen Situation könnte ohne langes Probieren am Objekte, also ohne einen Überschuß von Körperbewegungen gefunden und eingeschlagen werden, so wäre dies die gesuchte dritte Einrichtung neben oder über Instinkt und Dressur, die dritte Richtung im Entwicklungsgang des Geistes.

Der Intellekt ist weder eine selbstverständliche Begleiterscheinung der Nervenvorgänge, von der man ein Quäntchen a priori jeder Ameise zuschreiben dürfte, noch eine dem Menschen verliehene Wunderkraft, die über alle Gesetze des organischen Geschehens erhaben wäre, sondern eine Natureinrichtung, die sich wie andere aus kleinen Anfängen entwickelt hat; soweit wir heute wissen, allerdings erst sehr hoch in der Wirbeltierreihe. Faßt man die Ergebnisse der modernen Psychologie des Denkens, die ausgedehnten Untersuchungen an Schulkindern, Beobachtungen am Kinde der ersten Lebensjahre und die Experimente mit menschenähnlichen Affen zusammen, so ergibt sich die Formel: *Erfindungen machen* ist die spezifische Leistung des Intellektes. Das Wort Erfindung begreift sehr viel in sich, das Höchste und ganz Primitives, wie wenn z. B. ein Kind um die Wende vom ersten zum zweiten Lebensjahre zum ersten Male im Experimente erfaßt, daß ein fernliegendes Stück Zwieback an der darangebundenen Schnur herangezogen oder daß der über einen Bolzen gezogene Ring nicht durch Rütteln und Zerren, sondern durch Abheben freigemacht werden kann, und dies Verfahren alsbald sinngemäß auf einen aufgehängten Schlüssel, den über einen Stock gestülpten Hut u. dgl. m. überträgt. Dem Beobachter drängt sich hier die Deutung auf, es handle sich um die *Einsicht* in bestimmte einfache Zusammenhänge, Abhängigkeitsrelationen, und im Grunde wird dem auch so sein. Nur wäre der rasche Schluß von dem sichtbaren Geschehen auf den Bewußtseinsvorgang der Einsicht, den man am anderen niemals direkt zu beobachten vermag, methodisch nicht ganz einwandfrei; die Ergebnisse der bekannten Schimpansenversuche lassen denn tatsächlich auch eine etwas andere Deutung zu, weisen auf eine

Vorstufe des einsichtigen Verhaltens, eine Vorstufe also des Intellektes im engeren, menschlichen Sinn des Wortes hin. Wenn ein junger Schimpanse, der vor dem Gitter seines Gehäuses sitzt, wo draußen eine Frucht und drinnen ein Stock liegt, nach allerhand anderen vergeblichen Bemühungen plötzlich zum ersten Male den Stock ergreift und die Frucht mit ihnen heranholt, um daraufhin später in ähnlichen Situationen immer wieder sofort den Stock zu verwenden, dann mag das wichtigste Bestandstück dieser erstmaligen neuen Leistung, das Zusammengeraten von Frucht und Stock, in der Vorstellung nämlich, ein uneinsichtiger „Einfall“ gewesen sein. Dies ist die ausreichende Mindestannahme: Vorstellungen überhaupt und eine gewisse Beweglichkeit in ihrem Getriebe, so daß im Hin und Her zweckmäßige Neuzusammenstellungen entstehen können. Als Definitionsgrundlage des Begriffes Intellekt werden wir aber nicht die nur erschlossenen Bewußtseinsvorgänge, sondern ihre eigenartige sichtbare Leistung wählen: zweckmäßiges Verhalten in einer neuen Situation nicht durch einen Überschuß variierender Körperbewegungen, sondern — eben auf eine andere Weise erreicht. Äußerlich tritt die Lösung plötzlich fertig in Erscheinung und prägt sich so nachhaltig dem Gedächtnis ein, daß man schon nach erstmaligem Gelingen in künftigen Fällen fast wie bei einem sicheren Besitz des Tieres mit ihrem Wiedereintreten rechnen kann; vielleicht (nach analogen Erfahrungen mit Kindern, so vermuten) wird bei genauerem Zusehen noch eine weitgehende Übertragung der einmal erworbenen Verhaltensweise auf andere verhältnismäßig beträchtlich abweichende Fälle nachzuweisen sein. Dies sind die drei heute bekannten spezifischen Merkmale der primitivsten Leistungen des Intellektes, Merkmale, die wir aus einem Punkte verstehen.

Wie ist es denn mit den Erfindungen des Menschen? Im einfachsten Falle springt das Neue im versuchsweisen, kombinierenden Hin und Her der Vorstellungen hervor. Wie findet ein primitiver Mensch das zweckmäßige Verhalten in einer neuen Situation? Er stellt sich diese und jene und eine dritte Möglichkeit vor, und ist das Richtige darunter, so leuchtet's ihm mit einem Aha! innerlich auf und er führt es aus: *Da haben wir die alte Methode, nach der Zweckmäßiges entsteht, auf einem neuen Schauplatz, das äußere Probieren der Dressur ist nach innen, d. h. in den Bereich der Vorstellungen und Gedanken verlegt.* Angenommen, das äußere Probieren reicht mit fortschreitender Verwicklung der Verhältnisse und höher gespannten Anforderungen nicht mehr aus; angenommen, die verschwenderische Produktion von Körperbewegungen wird zu weitläufig, zu umständlich, zu teuer, so erhebt sich die Frage, ob etwas anderes und was an seine Stelle treten kann. Antwort: Das vorwegnehmende innere Probieren, die verschwenderische Produktion von Möglichkeiten in der Vorstellung ist billiger und leistet

in vieler Hinsicht mehr. Dies ist die biologische Leistung des Intellektes, dies die dritte Richtung im geistigen Entwicklungsgang der Tiere. Man denke an Robinson, den einsamen Menschen auf seiner Insel, den der Dichter in immer neue Situationen hineinstellt. Robinson läuft nicht planlos hin und her wie ein Huhn am Gartenzaun, bis es der Zufall an ein Loch zum Durchschlüpfen führt, er hilft sich nicht durch Probieren aufs Geratewohl, sondern macht Erfindungen durch Überlegung, d. h. durch Probieren in Vorstellungen und Gedanken und durch Einsicht. Dies ist typisch menschliches Verhalten.

4.

Die Tierpsychologie, wie sie früher in Büchern stand, und auch ohne Buch im Kopf derjenigen, die sich auf eigene Faust über die Tierseele Gedanken machten, war eine den Ergebnissen nach äußerst zweifelhafte und methodologisch höchst unsaubere Sache. In der Wissenschaft ist dem jetzt anders geworden, die Tierpsychologie modernen Gepräges oder, wie die Amerikaner mit Vorliebe sagen, die Wissenschaft von den Verhaltensweisen der Tiere, hat eine sehr achtbare methodische Strenge angenommen. Dazu gehört in erster Linie, daß das unmethodische und unkontrollierbare Hinüber und Herüber zwischen der Betrachtungsweise von außen und der Interpretation von innen, d. h. nach Analogie der eigenen Selbsterfahrung, kurz gesagt, daß das ungegerechtfertigte Anthropomorphisieren prinzipiell vermieden wird. Man hält sich zunächst streng an das Wahrnehmbare in den Verhaltensweisen, so wie auch wir es getan haben. Die letzte psychologische Interpretation ist eine Sache für sich und darf erst vorgenommen werden, wenn die Brücken prinzipiell geschlagen, geprüft und gesichert sind. So wissen wir heute z. B. über das vermutliche Bewußtsein der reinen Instinkttiere so gut wie gar nichts Gesichertes; es ist durchaus denkbar, daß das nervöse Geschehen in den Ameisen und Bienen ohne eine Spur von Bewußtsein irgendwelcher Art abläuft, ganz so wie die elektrischen Vorgänge in Telephondrähten. Der *Kontinuitätsschluß*, d. h. die Annahme, daß das Bewußtsein in uns selbst doch wohl aus niederen Formen hervorgegangen sei, und daß wir damit in der Tierreihe zum mindesten soweit, wie ein Nervensystem vorhanden ist, oder noch tiefer gelangen — dieser *Kontinuitätsschluß* ist nicht tragfähig. Denn man könnte sonst mit demselben Recht schließen, daß auch Tiere ohne Augen schon Farbenempfindungen haben, weil doch unsere Farbenempfindungen aus etwas anderem hervorgegangen sein müssen. *Stumpf* hat vor 20 Jahren schon gezeigt, daß die Annahme eines solchen Hervorgehens von Sinnesqualitäten, die derart spezifisch verschieden sind wie etwa die Farben von den Gerüchen, zu logischen Unmöglichkeiten führt. Auch der *Analogieschluß* von der Ähnlichkeit der Sinnesapparate des Menschen und der Tiere auf das Vorhandensein ähnlicher Sin-

nesempfindungen hier wie dort ist nicht bündig, und zwar deshalb, weil die Sinnesapparate auch bei uns noch etwas anderes zu leisten haben, als dem Zustandekommen von Empfindungen zu dienen. Sie leiten ganz außerhalb jedes Bewußtseins Reflexe ein, und um dieser sehr wichtigen Leistung willen könnten sie ja bei den Tieren da sein.

Prinzipiell verlangen auch die gesamten Erscheinungen der reinen Dressur keine Bewußtseinsvorgänge irgendwelcher Art. Denn das mechanische Gedächtnis, auf das wir dabei stoßen, kann man sich an rein materiellen Vorgängen denken; verbunden werden durch die Assoziation Sinneseindrücke bestimmter Art, die man ebenso gut rein materiell vorstellen kann, mit Körperbewegungen bestimmter Art. Das genügt als Mindestannahme. Und nirgendwo gilt der methodologische Imperativ der Sparsamkeit mit Erklärungsprinzipien so streng wie auf dem Gebiet der Biologie, das uns hier beschäftigt. Luxus-einrichtungen großen Stils ohne lebenswichtige Leistungen schafft die Natur nicht; auf diesen heuristischen Grundsatz kann man sich bis zum Beweis des Gegenteils seit *Darwin* verlassen. Die bekannte Lehre, das Bewußtsein sei so eine beiläufige Erscheinung, eine Feiertagserscheinung, die ohne jeden Einfluß neben dem mechanischen Geschehen herläuft, schlägt diesem Grundsatz, schlägt dem biologischen Denken ins Gesicht. So also stehen die Dinge im Bereich von Instinkt und Dressur.

Beim Intellekt dagegen wird dem anders. Wir haben ja auch diese dritte Einrichtung rein biologisch, rein von außen her aufgefunden und begrifflich definiert. Also auch hier zunächst noch nichts von Bewußtseinsvorgängen. Doch gibt es einen Punkt, wo man zwangsmäßig auf sie hingeführt wird, nämlich durch folgende Überlegung. Was ist denn das „die Verhaltungsweise eines Lebewesens in dieser oder jener Situation“, was meinen wir mit dem Wort praktisches Verhalten? Letzten Endes sind es allemal Körperbewegungen. Daß die richtigen im rechten Augenblick eintreten, daß unrichtige unterbleiben, darauf kommt es an. Nun sind beim Intellekt gerade diejenigen Körperbewegungen, auf die es letzten Endes ankommt, an der Entstehung des Zweckmäßigen nicht beteiligt; die Lösung der Aufgabe erfolgt vielmehr durch ein anderes, sagen wir einmal stellvertretendes Geschehen und tritt dann nur in den ausführenden Körperbewegungen in Erscheinung. Damit dies möglich ist, muß eine Zuordnung bestehen, zwischen dem stellvertretenden Geschehen und den zweckmäßigen Körperbewegungen. Ein Beispiel: Der Mensch führt neue Bauten, Maschinen zuerst in Gedanken und auf dem Papier aus, er lenkt Schlachten am Kartentisch. Damit dies möglich ist, muß eine Zuordnung bestehen zwischen dem stellvertretenden und dem vertretenen Geschehen. Der Feldherr ver-

mag nur deshalb Operationen auf der Karte zu lenken, der Baumeister nur deshalb Konstruktionen auf dem Papier vorzubereiten, weil Karten und Pläne den wirklichen Dingen, um die es sich dreht, zugeordnet, Darstellungen von ihnen sind.

Wenn wir dies auf unseren Fall übertragen dürfen, dann ist eine große Erkenntnis vorbereitet, dann ist der biologische Sinn der Vorstellungen erfaßt. Denn unsere Vorstellungen und Gedanken sind Ereignisse der gesuchten Art, sind wesentlich stellvertretende Gebilde, Gebilde also, zu deren Wesen es gehört, etwas anderem zugeordnet zu sein und dies andere zu vertreten. Das ist das Merkmal, worauf die besten Denker in der Geschichte der Philosophie gestoßen sind, wenn sie über das Wesen der Bewußtseinserscheinungen nachdachten. Das ist es, was z. B. *Leibniz* meinte mit seinem Zentralbegriff der Repräsentation; jede Monade repräsentiert das Universum, wir übersetzen: stellt es vor. Dasselbe meint *Franz Brentano*, wenn er sagt: „Die psychischen Phänomene unterscheiden sich von allen physischen durch nichts so sehr als dadurch, daß ihnen etwas gegenständlich innewohnt“, womit nichts anderes gesagt ist, als daß eben jede Vorstellung sich auf einen Gegenstand richtet, auf ihn abzielt. So ist es, das Vertretene sind die Betätigungsweisen an den Dingen, und das Vertretende muß, um seine Mission erfüllen zu können, in einer bestimmten Harmonie mit dem Vertretenen stehen. Auf den Erfolg kommts im Leben an. Es muß in unserm Fall so sein, daß die Früchte in einer anderen Form und Sphäre, als wo sie reifen, genossen werden können. Überall wo eine echte, praktische Stellvertretung vorliegt, ist dem auch so, wie wenn z. B. Berechnungen auf dem Papier der Praxis Nutzen bringen. Dies Stellvertreten tritt sehr markant in der menschlichen Sprache, genauer gesagt in ihrer Darstellungsfunktion, wieder hervor und durchsetzt überhaupt das gesamte Geistesleben des Menschen. Es hat sein Urbild im Wesen der Vorstellungen selbst, und deren biologischer Leistung sind wir auf die Spur gekommen. Dieser Kunstgriff, die Schaffung eines wesentlich stellvertretenden Geschehens, hat der Entwicklung der Tiere neue Horizonte eröffnet, bot die Möglichkeit, zweckmäßiges Verhalten zu den Dingen ohne den Preis von Existenzen wie beim Instinkt und ohne Verschwendung kostspieliger Körper-, d. h. Massenbewegungen, und überhaupt in viel vollkommenerer Art wie bei der Dressur und dem Instinkt zustande zu bringen.

Das ist der biologische Ursprung des Intellektes.

5.

Nun gibt es noch andere Formen des Bewußtseins als die Vorstellungen und Gedanken, es gibt noch Affekte, deutsch Gemütsbewegungen und Strebungen. Über deren Entstehung ist vorläufig noch nichts ausgemacht, doch lassen sie sich in einfacher Art in den geschilderten Entwicklungs-

gang einordnen: Lust und Unlust vollbringen in jeder der drei großen Entwicklungsstufen eine andere spezifische Leistung und tragen demgemäß ein anderes Gepräge. *Gier und Befriedigung*, die ersten, primitivsten Formen von Unlust und Lust, wissen wir aus eigener Erfahrung in die stärksten Instinkte, den Nahrungs- und Geschlechtstrieb, eingebaut, die Gier als das eigenartig unlustvolle Zumutesein, das der Erreichung des Zieles vorausgeht, die Befriedigungslust als das, was die Zielerreichung begleitet und ihr nachfolgt, die Gier voll Spannung und Erregung, die Befriedigung mit Entspannung und Beruhigung verbunden. Aus der Gier entspringt die Tätigkeit, in der Befriedigung verebbt sie, kommt sie zur Ruhe. Gier und Befriedigung wirken wie Triebkraft und Bremse der instinktiven Tätigkeiten. Wir nennen eine Tätigkeit von dieser ersten Strukturform *Genießen*, sie reicht vielleicht sehr tief in die Tierreihe hinab. Wir haben vorläufig keinen Anhaltspunkt für eine Vermutung darüber, wo und warum sie zuerst entstanden sein mögen. Nehmen wir meinethalben an, Gier und Befriedigung seien schon überall angelegt, wo es Instinkte gibt.

Doch die Entwicklung geht weiter. Die Natur braucht auf der Stufe der Dressur einen Überfluß von Körperbewegungen, besonders bei den jungen Tieren, die sich für den Ernst des Lebens vorbereiten, einüben müssen, und wir sehen etwas Neues, wir sehen die Einrichtung der *Funktionslust* auftreten: Die Tätigkeit als solche, das angemessene, glatte, reibungslose Funktionieren der Körperorgane, ganz abgesehen von jedem Erfolg der Tätigkeit, wurde zur Lustquelle gemacht. Damit war der Motor des rastlosen Probierens gewonnen. Man beobachte ein kleines Kind. Eine Tätigkeit wie das Strampeln mit den Beinen oder das Lallen, später eine der ungezählten verwickelteren Manipulationen ist da, ist auf äußere oder innere Veranlassung hin entstanden und wird dann in kleinen Variationen ins Unabsehbare wiederholt. Warum? Kein Zweifel, das ganze Verhalten des Kindes verrät Lust, die an die Tätigkeit geknüpft ist, und diese Lust ist Ursache der Wiederholungen, welche bei unlustvoller Tätigkeit ganz gewiß nicht eintreten. Das ist Funktionslust (Tätigkeitslust).

Man muß verstehen lernen, daß sie etwas Neues ist: Nicht als Bremse, wie die Befriedigungslust, sondern als Anreiz zu fortgesetzter Tätigkeit wirkt die Funktionslust. Man muß verstehen lernen, daß undressierbare Tiere aus einem solchen Überschuß von Tätigkeiten nicht den geringsten Nutzen ziehen könnten. Würden Ameisen und Bienen spielen, so wäre dies, weil sie nichts dabei lernen, eine reine Kraftvergeudung. Tatsächlich spielen sie auch gar nicht. Beim Menschen ist die Funktionslust ein wichtiger Arbeitsfaktor und ein Hebel der Kultur-entwicklung geworden. Wenn eine gegenwärtig weitverbreitete Lehre recht hat, so hängen die

allerersten Anfänge der Kunst aufs engste mit zwecklos-spielerischer Tätigkeit des primitiven Menschen zusammen und mit das Beste, was man über die Tätigkeit des reinen Kunstgenusses bis heute zu sagen wußte, ist dies, daß sie ihren Wert ähnlich wie das Spiel in sich selbst trägt. Eine moderne Kunsttheorie, begründet von *Schiller*, ausgebaut von *Konrad Lange* u. a., erblickt im ästhetischen Verhalten geradezu ein veredeltes Spiel, faßt also die Kunst als die höchste Blüte und den Nachglanz der biologischen Einrichtung des Jugendspiels auf. Gleichviel ob dies einseitig und übertrieben ist oder nicht, die Funktionslust jedenfalls besteht und ist ein wichtiger seelischer Motor menschlicher Tätigkeit. Und wenn es sich bei sorgsamer Prüfung herausstellen sollte, daß der Mensch durch die moderne Maschinenarbeit ärmer an Funktionslust geworden ist als er es früher war, so wäre dies ein Faktum von großer Tragweite, weil etwas, was derart mit den Grundeinrichtungen unseres Wesens zusammenhängt, nicht ohne gewaltige Folgeerscheinungen verschoben werden kann.

Wir kommen zum Intellekt und treffen wieder ein neues Verhältnis der Lust zur Tätigkeit. Fragt einen Künstler, einen Mann der Wissenschaft, einen Erfinder, fragt irgendeinen schaffenden Menschen, wann er das höchste Glücksgefühl erlebt. Gewiß nicht, wenn er sein Werk verkauft hat und die Früchte genießen kann; auch nicht immer bei der Ausführung, die gar oft eine mühselige Tätigkeit ist. Sondern als das Höchste wird die Empfängnis und Gestaltung des Werkes in der Seele angegeben. Es bleibe dahingestellt, wie weit diese spezifisch neue *Lust des Schaffens, die Schöpferfreude*, an die Erkenntnisseite und wie weit an die Willensseite der Empfängnis gebunden ist, d. h. wie weit an das Entdecken und Erfinden und Schauen, das vorwegnehmende Schauen des Werkes und wieweit an den Willensentschluß zu seiner Ausführung und an das Machtbewußtsein des Verursachens und Könnens bei der Ausführung. Jedenfalls ist diese Lust noch einen Schritt weiter zurückverlegt als die Funktionslust, nämlich vor die äußere Tätigkeit und an ihren Anfang. Die Befriedigungslust steht am Ende der Tätigkeit, die Funktionslust ist unmittelbar mit der Tätigkeit selbst verknüpft, und die spezifische Erfinder- und Schöpferfreude (wenn wir etwas summarisch das innere und das äußere Werk unterscheiden) ist noch einen Schritt weiter zurück an das innere Werk oder an den Übergang zu seiner Ausführung geknüpft.

Der merkwürdige Glückszustand des Schaffens ist oft von und an großen Künstlern, Erfindern, Männern der Wissenschaft usw. beschrieben worden. Weit gefehlt, wenn man annehmen wollte, die Schöpferfreude sei ein Sondergeschenk an Götterliebhaber, von dem die gewöhnlichen Sterblichen nur von fern her durch Hörensagen erfah-

ren; vielmehr dürften die ersten Anfänge dieser biologischen Einrichtung mit der Menschwerdung überhaupt zusammenfallen. Der Intellekt ist die Fähigkeit, Erfindungen zu machen. In welcher seelischen Verfassung haben wohl die Urmenschen ihre ersten Entdeckungen und Erfindungen gemacht? Zum Teil vielleicht bei müßigem, spielendem Probieren, zum anderen Teil in neuen, unerhörten Situationen, in Augenblicken der Not und im Zustande einer bestimmten Art seelischer Hochspannung. Das erste ist da und dort am Kinde zu beobachten, das die großen Menschheitsfortschritte der geistigen Entwicklung aus sich heraus noch einmal machen muß. Das letztere, das Erfinden aus Not in seelischer Hochspannung, an Schimpansen, wo man diese Verhältnisse systematisch in Experimenten studieren konnte. Aber — die Schimpansen haben keine Kultur hervorgebracht, sind (soweit wir wissen) nicht in jenen unabsehbaren Entwicklungsprozeß eingetreten, in dessen Verlauf wir selbst noch eingekettet sind.

Nun, zu den Grundbedingungen der Kultur gehört mehr als ein Faktor, gehört z. B. auch die Einrichtung der Tradition, von der bei Schimpansen höchstens Spuren anzutreffen sind. Wir wollen hier die Frage nach den seelischen Grundlagen der Kultur nicht allgemein aufrollen. Eines aber muß jeder einsehen, der biologisch denken kann, nämlich, daß die ungezählten großen und kleinen Entdeckungen und Erfindungen des Menschen, von denen die erdrückende Mehrzahl oft, einige unzählbar oft gemacht worden sind und gemacht werden mußten, weil sie immer wieder durch das Sieb der Tradition durchfielen oder auf andere Weise verloren gingen — ich sage, daß das lebendige Prinzip der schöpferischen Tätigkeit tief in der menschlichen Natur verankert sein muß. Sonst hätte es so ausgedehnte Wirkungen, wie wir sie in der menschlichen Kultur vor uns sehen, nicht hervorbringen können. Das Tiefste im menschlichen Seelenleben aber ist das Gefühl, und erst, wenn nachgewiesen ist, daß es eine spezifische Schöpferlust gibt, dann ist die besondere seelische Kraftquelle, dann ist der spezifische Motor, des fortgesetzten Erfindens aufgedeckt. Eine solche Einrichtung braucht Lebenskraft, genau so wie z. B. das Spielen junger Tiere und Kinder Lebenskraft braucht. Hier beim Spiel heißt die Lebenskraft Funktionslust, ich behaupte, daß sie für die Betätigung des Intellektes für die dritte Stufe der geistigen Entwicklung Erfinderfreude, Schöpferfreude heißt.

6.

Wir sind am Ende und verknüpfen es mit dem Anfang. Was hier vorgetragen wurde, ist nichts anderes als der auf das geistige Gebiet richtig übertragene und zu Ende gedachte Gedanke *Darwins*. *Darwin* selbst hat ihn so nicht gekannt und einige seiner Nachfolger, die den Darwinismus in seiner ursprünglichen Form in

grober Weise zu einer Weltanschauung aufgeblasen haben, waren philosophische und psychologische Stümper. Richtig verstanden führt ein gangbarer Weg von *Darwin* zu *Hegel*, wie schon *Kuno Fischer* in seinem besten Werke, dem Hegelbuch, gezeigt hat. Denn der Hegelsche Begriff des Geistes ist nichts anderes als das Prinzip der Zweckordnung in der Welt. *Darwin* hat ganz gewiß nicht gezeigt und auch nicht zeigen wollen, wie überhaupt Zwecke in die Welt kamen; dazu war er viel zu bescheiden. Aber er hat gezeigt, wie wir einige Schritte in der Ausbildung der sichtbaren Zweckordnung nach Naturgesetzen begreifen können.

Und noch weiter zurück über *Hegel* zu *Kant* geht unser Blick. Ich denke jetzt an den jungen, vorkritischen *Kant*, der 1755 die Abhandlung schrieb „Naturgeschichte und Theorie des Himmels“. Darin ist der Kern seiner Theorie von der mechanischen Entstehung der Weltkörper aus nebelartig, gasförmig im Weltraum verteilter Materie enthalten, jener Theorie, die später selbständig auch *Laplace* entwickelt hat und die seit *Helmholtz* u. a. als die Kant-Laplacesche Theorie bezeichnet wird. Es ist nicht ganz selbstverständlich, daß der Urheber dieser mechanischen Theorie der Weltentwicklung auch ihre letzten Konsequenzen schon ins Auge faßt, daß er auch die Entstehung der Organismen, der Pflanzen, der Tiere und des Menschen in seinen Gedanken einschließt. Aber *Kant* tut dies tatsächlich, freilich äußerst vorsichtig und zurückhaltend. Zuerst, meint er, müsse man sich ganz an das Einfachste halten, dann käme als Aufgabe einer ferneren Zukunft auch einmal die mechanische Erklärung der Organismen in Betracht. Ja selbst der Mensch und die Geisteskräfte des Menschen bleiben in diesem mechanischen Entwicklungsplan nicht ganz unerwähnt. *Kant* nimmt an, wo immer im Weltall die physischen Bedingungen günstig sind, entstanden und entstehen Lebewesen. Also nicht nur die Erde, sondern auch andere Planeten sind bekannt. Und wenn er nun die Entwicklungshöhe abschätzt, so dünkt ihn, der Mensch auf der Erde nehme eine mittlere Stellung ein. Käme er in die Gesellschaft der tiefer Stehenden, so würde er dort wie ein überlegener Geist angestaunt, käme er zu den weiter Fortgeschrittenen, so würden diese auf ihn wie wir auf Tiere herabsehen.

Das sind Phantasien; ich bin weit davon entfernt, darin eine besondere wissenschaftliche Leistung zu erblicken. Im Gegenteil: es gilt gerade, von ihnen abzuheben den ersten fruchtbaren Ansatz zu einer wissenschaftlichen Entwicklungstheorie der Organismen. Für die Entwicklung der Himmelskörper hat den ersten wissenschaftlich fruchtbaren Ansatz *Kant* geliefert. Für die körperliche Entwicklung der Organismen *Darwin*. Es galt, seinen Gedanken auf die geistige Entwicklung bis hinauf zum Menschen, bis an die Schwelle der Kultur richtig anzuwenden.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 9. (Seite 153—164)

4. März 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Bewetterung von Steinkohlenbergwerken.
Von Karl Kegel, Freiberg i. S. (Mit 3 Ab-
bildungen.) S. 153.

Besprechungen:

Lewin, L., Die Kohlenoxydvergiftung. Von
H. Zangger, Zürich. S. 159.

Lewin, L., Die Gifte in der Weltgeschichte. Von
A. Pütter, Bonn. S. 161.

Kükenthal, Willy, Leitfaden für das Zoologische
Praktikum. Von W. May, Karlsruhe. S. 162.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über die Wirkung von Arzneigemischen. Von
J. Traube, Berlin Charlottenburg. S. 162.

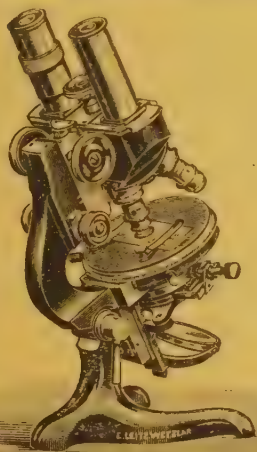
Zur Analysis der Absterbeordnung. Von E. J.
Gumbel, Berlin-Wilmersdorf. S. 163.

Erwiderung auf die Zuschrift des Herrn E. J.
Gumbel. Von K. Küpfmüller, Berlin. S. 163.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:
Eupen und Malmedy. (Mit einer Kartenskizze.)
S. 163.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop
mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

**Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren**

**Mikrophotographische und
Projektionsapparate**

**Mikrotome, Lupen und Lupen-
mikroskope ♦ Prismenfernrohre.**

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 25 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 0/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6030—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11700.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Sauerstoff- Desinfektion

der Mundhöhle zum Schutze gegen Ansteckungen (Grippe, Halsentzündung, Diphtherie, Scharlach usw.), sowie zur Erhaltung gesunder Zähne ist wirksam, bequem und ohne Nachteile ausführbar mittels

Perhydrit- Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen des Mundes und zum Gurgeln. Auch zur Wundreinigung geeignet. Packungen mit 10, 25 und 50 Stück in den Apotheken und Drogerien.

(223 II)

ISIS

International Quarterly Devoted to the History of Science and Civilization

Edited by

George Sarton and Charles Singer

Jede Nummer enthält einen Leitartikel, Originalbeiträge, kürzere Mitteilungen, einen Ueberblick über die wichtigsten Bücher und hauptsächlich eine kritische Bibliographie der Publikationen auf den Gebieten der Geschichte und Philosophie der Wissenschaft und über Kulturgeschichte. Bücher und Zeitschriften über Medizin und Biologie sind zu senden an Charles Singer, Westbury Lodge, Oxford, England; alles übrige an George Sarton, Harvard University, Cambridge, Mass., U. S. A.

Preise: Bd. I M. 75.—, Bd. II M. 45.—, Bd. III M. 45.—; Luxusausgabe von Bd. II an je M. 75.—

Diejenigen, die an einen neuen Aufbau internationaler kultureller Beziehungen glauben, sollten auf die „ISIS“ subscribieren.

Verlag Paul Haupt Akadem. Buchhandlung vorm. Max Drechsel Bern

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Quantentheorie

Ihr Ursprung und ihre Entwicklung

Von

Privatdozent Dr. Fritz Reiche

Mit 15 Textfiguren

Preis M. 34.—

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

4. März 1921.

Heft 9.

Die Bewetterung von Steinkohlenbergwerken.

Von Karl Kegel, Freiberg i. S.

Unter „Bewetterung“ eines Bergwerks versteht man die Regelung des Luftwechsels in demselben.

Der Luftbedarf eines Menschen ist bekanntlich sehr gering und beträgt minutlich etwa 5—7 l, bei starker Arbeit etwa 20 bis ausnahmsweise auch 40 l. Ebenso ist der Luftbedarf für die Grubenlampe eines Bergmanns gering und jedenfalls nicht viel größer als der zur Atmung. Dennoch schreiben die Bergpolizeiverordnungen für Steinkohlenwerke eine Luftmenge von mindestens 2,00—3,00 cbm vor. Ferner wird bestimmt, daß der Gehalt an CH_4 nie 1% übersteigen darf. Der vergleichsweise hohe Luftbedarf für die Bewetterung der Steinkohlengruben ist darauf zurückzuführen, daß alle schädlichen Gase und Dämpfe, die in der Grube entstehen oder in die Grubenräume aus dem umgebenden Gebirge eindringen, zur Unschädlichkeit verdünnt werden müssen. Gleichzeitig soll durch den starken Luftwechsel nach Möglichkeit die Temperatur in den Bergwerken auf ein erträgliches Maß gehalten werden.

Bekanntlich ist ein Bergwerk ein Labyrinth von langen horizontalen, etwa 2,00 m hohen und 2—4 m breiten, flurähnlichen „Strecken“, die parallel zum „Streichen“ der Schichten, d. h. der Richtung der Horizontalen der Flözebenen liegen, und „Querschlägen“, die recht- oder schiefwinklig dazu liegen. Diese „Grubenbaue“ sind in mehreren übereinanderliegenden Horizontalebene, den „Sohlen“, hergestellt und führen von den Schächten zu den in Abbau genommenen Teilen der Steinkohlenflöze, den „Abbaufeldern“. Entsprechend ihrer mehr oder weniger steilen Neigung durchschneiden die scheibenförmigen Steinkohlenflöze die einzelnen horizontalen Sohlenebenen — wenn man von dem Sonderfall vollkommen horizontaler Flözablagerung hier einmal absieht —, so daß die in den „Abbaufeldern“ hergestellten Grubenbaue gleichzeitig eine Verbindung zweier Sohlen bewirken können. Die im einzelnen Baufeld hergestellten Grubenbaue sind die in der Neigungsrichtung (dem „Einfallen“) liegenden „flachen Strecken“, die je nach ihrer Einrichtung und Verwendung „Bremsberge“, „Wetterüberhauen“, „Fahrüberhauen“ usw. heißen und in der Regel zwei Sohlen innerhalb des Flözes verbinden. Von den Bremsbergen zweigen

in der Flözebene liegende, horizontale, also streichende „Abbaustrecken“ ab, deren Höhenlage sich zwischen den Sohlenebenen befindet. Diese Abbaustrecken verbinden den in Abbau befindlichen Flözteil, den „Abbaustoß“, mit dem Bremsberg und dadurch mit den Grubenbauen der Sohlen und den Schächten. Ferner dienen zur Verbindung der Sohlen miteinander auch senkrechte (sägere) Blindschächte, das sind Schächte, welche keine Tagesöffnung haben, sondern unten in der Tiefe beginnen und enden.

Man könnte nun die Wetterführung so einrichten, daß der Luftstrom nacheinander alle Grubenbaue durchstreicht. Dadurch würden die im letzten Teile des Luftstroms arbeitenden Bergleute stets in stark verbrauchten und verschlechterten „Wettern“ tätig sein müssen. Schädliche Gase, die am Anfang des Luftstroms der Grube gelegentlich ebenso auftreten können wie an irgendeiner anderen Stelle des Werkes, müßten ihre schädliche Wirkung in allen Grubenbauen ausüben usw. Im Falle eines Grubenbrandes oder einer Schlagwetterexplosion wäre ein Entkommen durch gesicherte Grubenabteilungen zum Schachte unmöglich.

Um diesen Nachteilen vorzubeugen, schreiben die Bergpolizeiverordnungen die Bildung von „Wetterabteilungen“ vor, für welche gesonderte Wetterströme zu schaffen sind. Diese Abteilungen sind derartig voneinander zu trennen, daß das Überströmen von Wettern aus einer Abteilung in die andere ausgeschlossen ist. In solcher Wetterabteilung sollen nicht mehr als etwa 60 Arbeiter gleichzeitig beschäftigt werden. Schematisch läßt sich die Einteilung eines Bergwerks in Wetterabteilungen etwa durch die nachstehende Fig. 1 darstellen, die allerdings nicht die sehr viel komplizierteren tatsächlichen Verhältnisse erkennen läßt.

In dieser Figur ist die Anlage so gedacht, daß in jedem Flöz nur eine Wetter- und Bauabteilung vorgesehen ist. Es ist einleuchtend, daß man aus Zweckmäßigkeitsgründen jede einzelne Abbauabteilung auch als Wetterabteilung einrichtet. Die Unterteilung einer Abbauabteilung in zwei oder mehrere Wetterabteilungen ist technisch nicht mit der von den Bergbehörden verlangten Sicherheit gegen das Überströmen von Wettern durchführbar. Deshalb werden solche Bauabteilungen stets als eine Wetterabteilung angesehen. „Die zu beiden Seiten eines zweiflügeligen Bremsberges umgehenden Baue gelten als zu derselben Wetterabteilung gehörig.“ Damit ist die Bildung

übermäßig großer „Bauabteilungen“ verhindert, die schließlich die soeben skizzierten gefährlichen Nachteile hinsichtlich der Bewetterung haben würden.

Die technische Ausführung der Luftstromverteilung und deren bergpolizeiliche Überwachung soll hier nur soweit behandelt werden, als ein naturwissenschaftliches Interesse vorliegt.

Bei der Herstellung (dem „Auffahren“) von Strecken, Querschlägen usw. muß man den Luftstrom künstlich bis an das jeweilige Ende derselben (vor „Ort“) führen. Man leitet zu diesem Zweck der Luft in dichten Blechrohren (Lutten), die vor „Ort“ endigen, oder man teilt die Strecke durch eine Längswand, den „Wetterscheider“, und läßt die Luft auf der einen Seite zum „Ort“ und auf der anderen Seite wieder zurückfließen. Bestehen die Rohre und Wände aus Segeltuch oder

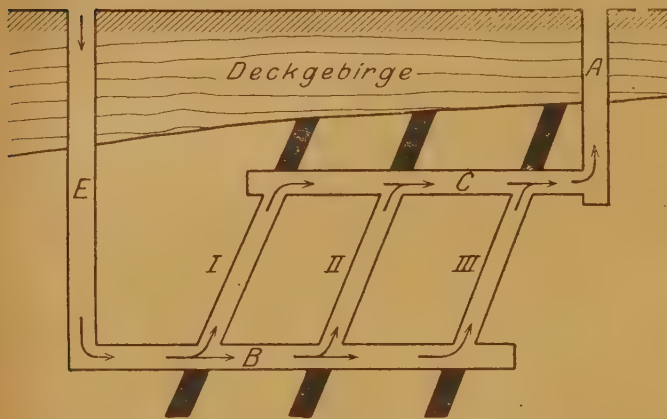


Fig. 1. Wetterverteilung im Bergwerk.

- E = Einziehschacht.
- A = Ausziehschacht.
- B = Bausohle.
- C = Wettersohle.
- I, II, III = Wetterteilströme.
- = Wetterbewegungen.

sonstigen durchlässigen Stoffen, so dürfen sie nur auf eine Länge von etwa 50 m, vom „Ortsstoß“ ab gerechnet, verwendet werden. Die Ursache ist darin zu suchen, daß der Luftstrom nach Fig. 2 nicht allein den durch gefiederte Pfeile gezeichneten Weg nimmt, sondern auch durch die Wand hindurch den kürzesten Weg sucht. Hierbei muß berücksichtigt werden, daß die Luft auf ihrem Wege Reibungswiderstände zu überwinden hat. Infolgedessen muß nach der Abflußrichtung hin ein Druckgefälle vorhanden sein. An der Zuflußstelle ist der Druck höher, während an der Abflußstelle der Luftdruck dem zur Überwindung der Reibungswiderstände erforderlichen Druckgefälle entsprechend niedriger ist. Die Druckunterschiede sind durch + an der Zuflußstelle und durch — an der Abflußstelle gekennzeichnet. Es ist somit klar, daß die Luft von der Zuflußstelle durch alle Poren und Lücken der Wetterscheider soviel als möglich zur Abflußstelle abströmt, ohne das Streckenort zu berühren und dort die schäd-

lichen Gase abzuführen und zu verdünnen. Auch gemauerte Scheider usw. sind nicht völlig dicht herstellbar.

Fig. 2 zeigt, daß ein solcher Wetterscheider im Falle einer Explosion, eines Brandes oder aus sonstigen Anlässen leicht zerstört werden kann (Kurzschlußgefahr). Es soll deshalb der Wetterscheider, die Wetterlutten usw. möglichst ein Notbehelf bleiben, der nur da angewandt werden darf, wo die direkte Luftzuführung nicht auf andere Weise möglich ist. Die Bewetterung eines ganzen Steinkohlenbergwerks durch einen einzigen Schacht, in welchem die Einzieh- und Ausziehluttenströme durch einen Wetterscheider getrennt sind, ist — abgesehen von dem Anfangsstadium eines neu herzustellenden Bergwerks — verboten. Es sind besondere Schächte für den Einzieh- und Ausziehluttenstrom vorgeschrieben, das sogenannte „Zweischachtsystem“, welches natürlich nicht ausschließt, daß mehr als zwei zu Tage gehende Schächte in einer Bergwerksanlage abgeteuft werden.

Sinngemäß gilt diese Vorschrift auch für die Einteilung der Wetterabteilungen, die, wie bereits erwähnt, so erfolgen soll, daß ein „Überströmen“ der Luft von einer Bauabteilung zur anderen ausgeschlossen ist. Man erreicht dadurch, daß die Wirkungen etwaiger Gasausströmungen, Brände und Explosionen in vielen Fällen auf die betref-

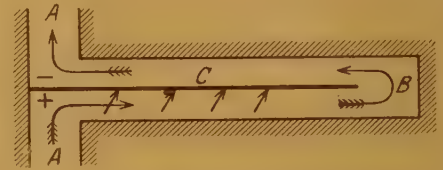


Fig. 2. Wetterführung in Zweigstrecken.

- A = Hauptstrecke.
- B = Zweigstrecke.
- C = Wetterscheider.
- = Wetterbewegung.

fende Wetterabteilung beschränkt bleiben, und die Leute sich durch die nicht betroffenen Abteilungen retten können.

Neben diesen Vorschriften bestehen in der Regel noch andere, die zur Erhöhung der Sicherheit beitragen sollen, aber mehr technischer Natur sind. Hierzu gehört in erster Linie die Vorschrift, nach welcher in Bauabteilungen mit dem Auffahren von Teilsohlen- oder Abbaustrecken erst begonnen werden darf, nachdem in dieser Abteilung eine Verbindung der unteren Bausohle mit der oberen Wettersohle hergestellt worden ist. Hierdurch werden gleichzeitig die Nachteile der sonst erforderlichen Wetterscheider und Wetterlutten vermieden.

Die Einrichtung und der Gebrauch der zur Verteilung und Führung der Wetterströme in den Grubenbauen einzurichtenden Wettertüren und Wetterdämme soll hier nicht weiter besprochen werden, da es sich um rein technische Maßnahmen handelt. Es ist klar, daß diese Anlagen genügend

dicht sein müssen, um den Luftstrom in die gewollte Bahn zu zwingen. Zu diesem Zweck ist der Zustand der Wettertüren zu überwachen, da sie innerhalb der Grube den unmittelbaren Verkehr von Menschen, Förderwagen usw. zwischen zwei sonst getrennt zu haltenden Luftstromwegen ermöglichen sollen, ohne ein Überströmen der Luft selbst zu bewirken.

Sind solche Verbindungsstrecken aus irgendwelchen Betriebserfordernissen zwischen dem Ein- und Ausziehschacht bzw. zwischen den für den Ein- und Ausziehluftstrom dienenden Grubenräumen nötig, so müssen hier wenigstens zwei feuersichere, dicht abschließende Wettertüren hintereinander eingebaut werden.

Die Bewegung des Luftstroms kann entweder auf natürlichem Wege oder künstlich durch Wettermaschinen (Ventilatoren) erfolgen. Der natürliche Luftstrom entsteht durch den Gewichtsdruckunterschied der verschieden warmen Luftsäulen im Ein- und Ausziehschachte. In tiefen Gruben, die hier besonders in Betracht kommen, herrscht eine die mittlere Tagestemperatur erheblich übersteigende Wärme. Man kann die geothermische Tiefenstufe im flözleeren Deckge-

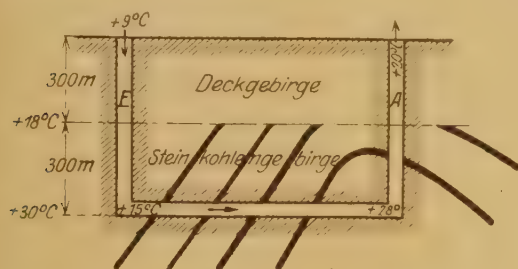


Fig. 3. Temperaturen des Gebirges (Zahlen links), des Wetterstromes (Zahlen innerhalb der Schächte und Strecken) und über Tage (Zahl oben).

E = Einziehschacht.

A = Ausziehschacht.

birge zu etwa 30 m und im Steinkohlengebirge zu etwa 25 m annehmen. Nimmt man ein Deckgebirge von 300 m Mächtigkeit, eine Gesamtteufe von 600 m und eine bei 30 m Tiefe gleichfalls herrschende mittlere Jahrestemperatur von 9° C an, so hat man in 600 m Teufe eine Temperatur von

$$9 + \frac{300 - 30}{30} + \frac{300}{25} = 30^{\circ} \text{C.}$$

Diese Gesteinstemperatur überträgt sich auch auf die hindurchströmende Luft, da diese sehr lange Wege bei geringen Geschwindigkeiten in der Grube zurückzulegen hat. Im Ausziehschachte kann man auch unter Berücksichtigung der Abkühlung, der Expansion der Luftsäule im oberen Schachtteile mit einer Durchschnittstemperatur von 23—25° C rechnen. Die Tagestemperatur ist hier ohne jeden Einfluß.

Die Temperatur der Luft im Einziehschachte hängt dagegen von der Tagestemperatur ab. Im

Winter ist die Luftsäule des Einziehschachtes kalt und daher gegenüber der des Ausziehschachtes schwer. Der Gewichtsüberdruck, der sich durch die Wärmeabgabe des Gesteins stets erhält, bringt eine dauernde Luftbewegung in der Richtung vom Einzieh- zum Ausziehschachte hervor. Erreicht oder übersteigt dagegen im Sommer die Tagestemperatur die Temperatur der Luftsäule im Ausziehschachte, so ist jeder Luftstrom im Bergwerk unmöglich. Diese Unsicherheit macht die alleinige Anwendung des natürlichen Wetterstroms für die Bergbehörde unzulässig. Sie verbietet deshalb die ausschließliche Anwendung desselben, abgesehen von Stollenbetrieben und für vorübergehende Zwecke, und macht auch diese Ausnahmen von der besonderen Genehmigung abhängig. Die Anwendung der künstlichen Erwärmung des aufsteigenden Luftstromes im Ausziehschacht durch Feuerungen ist verboten, weil damit die Gefahr einer Zündung von Schlagwettern verbunden ist, so daß nur die Anwendung von Ventilatoren übrig bleibt. Gebläsemaschinen würden zu teuer werden und für die großen erforderlichen Luftmengen nicht ausreichen. Die Erzeugung des Gesamtwetterzuges geschieht daher wohl ausschließlich mit Hilfe von Ventilatoren.

Bei der Wetterverteilung wurde schon darauf hingewiesen, daß die Bewetterung neu herzustellender Strecken usw. Schwierigkeiten macht, weil die Wetterscheider mitunter nicht dicht genug sind. Daneben liegt auch die Gefahr vor, daß die Reibungswiderstände in diesen Grubenteilen oder auch in einzelnen Wetterabteilungen so groß sind, daß bei den vom Hauptventilator erzeugten Luftdruckunterschieden hier nicht genügende Luftmengen durchfließen. Man ergänzt das fehlende Luftdruckgefälle durch Einbau von kleineren Ventilatoren, welche dem Teilstrom die erforderliche Stärke geben, und nennt diese Einrichtung Sonderbewetterung. Die Bergbehörden verlangen, daß die Apparate für die Sonderbewetterung so aufgestellt werden, daß die verbrauchte Luft diesen Apparaten nicht wieder im Kreislauf zuströmen kann. Diese Apparate müssen dauernd betrieben werden, so daß zum Betreiben von Handventilatoren recht erschwerende Bedingungen bestehen, und man lieber zu den technisch auch zweckmäßigeren maschinell betriebenen Triebwerken greift, wenn es sich nicht nur um ganz vorübergehenden Bedarf handelt.

Der Zweck der Grubenbewetterung besteht, wie schon eingangs erwähnt, darin, die Ansammlung schädlicher Gasgemische zu verhindern und dem Bergmann gute, atembare, in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft möglichst gleichende „frische Wetter“ zuzuführen.

Die atmosphärische Luft besteht aus 79 Raumteilen Stickstoff und 21 Raumteilen Sauerstoff, abgesehen von den Edelgasen, der Kohlensäure, dem Wasserdampf usw. Das menschliche Blut kann nur den 17 % übersteigenden Anteil des Sauerstoffs aus der Luft entnehmen.

Wird der Sauerstoffgehalt einer Luft etwa durch Verdünnung mit sonst indifferenten Gasen auf oder gar unter diesen Betrag herabgesetzt, so haben wir „matte“ oder „stickende“ Wetter. Atembeschwerden treten natürlich schon zwischen 17—19 % Sauerstoffgehalt ein, und zwar besonders bei stark arbeitenden Menschen. Die offenen Benzin- und Öllampen erlöschen bereits in einem Gasgemisch, das hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes für den Menschen noch keine Gefahren bringt, und dienen dadurch als vorzügliche Warner. Elektrische Grubenlampen können in dieser Hinsicht nicht warnen.

Giftige Gase bilden im Gemisch mit Grubenluft die „bösen“ oder „giftigen“ Wetter. Hierzu gehört vor allem Kohlenoxyd, das in der Regel nur bei Grubenbränden auftritt, ferner Schwefelwasserstoff, der namentlich in dem Wasser erstickter Grubenbaue enthalten ist, und beim Anzapfen dieser Baue oft in großen Mengen entwickelt wird. In solchen Fällen wird in der Regel das Arbeiten mit Hilfe von Sauerstoffapparaten usw. vorgeschrieben.

Brennbare Gase bilden im Gemisch mit der Grubenluft „schlagende Wetter“, d. h. explosive Gasgemische. Ein solches Gasgemisch, bestehend aus Grubengas (CH_4) und Luft, heißt „Schlagwetter“. Auf diese werde ich näher eingehen, nachdem ich zuvor kurz die Einwirkung des Wasserdampfes besprechen will.

Bekanntlich entsteht durch den Lebensprozeß im menschlichen und tierischen Körper dauernd ein Wärmeüberschuß, der abgeführt werden muß, wenn nicht dauerndes Unbehagen („drückende Schwüle“) oder Hitzschlag usw. entstehen soll. Bei niedriger Lufttemperatur wird die Wärme von der am Körper vorbeiströmenden Luft durch das Temperaturgefälle leicht abgeführt. Bei höherer Lufttemperatur fehlt das erforderliche Temperaturgefälle. An Stelle dessen tritt jedoch bei trockner Luft die mit der Verdunstung des Schweißes verbundene Wärmeabfuhr. Feuchte Luft kann nicht genügend Schweiß verdunsten, also nicht genügend Wärme aus dem menschlichen Körper ableiten. Übersteigt die Temperatur feuchter Luft den Betrag von 28°C , so muß erfahrungsgemäß die Arbeitszeit auf höchstens sechs Stunden täglich beschränkt werden. Da in Steinkohlenbergwerken die Grubenluft auf der unteren Sohle am stärksten erwärmt und hier meist mit Feuchtigkeit durch Verdunstung des aus dem Gebirge aussickernden Wassers gesättigt wird, so erfolgt beim Aufsteigen der Luft in den Abbauen und besonders in der Wettersohle eine Übersättigung mit Wasserdampf, die meist im Ausziehschacht zur Regenbildung führt. Man kann daher in Steinkohlenbergwerken an der Temperatur von 28°C als obere Grenze festhalten, weil die Grubenluft, von seltenen Ausnahmen abgesehen, stets mit Wasserdampf gesättigt ist.

Um die auf das Grubengas bzw. Schlagwetter bezüglichen Bergpolizeiverordnungen zu

beurteilen, müssen uns zunächst die hier in Frage kommenden Eigenschaften dieser Gasart beschäftigen. Das Grubengas ist farb- und geruchlos, hat das sp. G. 0,558, ist ungiftig und für die Atmung indifferent. Es kann also hinsichtlich der Atmung zur Bildung „matter“, d. h. „stickender“ Wetter Veranlassung geben.

Tatsächlich sind auch einige Erstickungsfälle in Schlagwettergemischen vorgekommen. In der Hauptsache ist aber die Gefahr der Zündung der Schlagwettergemische zu fürchten. Es ist ein schwacher Trost, wenn man feststellt, daß Grubengas wesentlich schwerer entzündlich ist als die Dämpfe und Gase komplizierter zusammengesetzter Kohlenwasserstoffe, jedoch möchte darauf hingewiesen werden, weil letztere mitunter im Grubengas vorkommen und dann dessen Entzündlichkeit erhöhen. Schlagwetter zünden bei dunkler Rotglut erst nach einer Wirkungsdauer von etwa 10 Sek., während sie bei Weißglut augenblicklich zünden. Auf dieser Tatsache beruht z. B. der Schutz der Sicherheitslampen insofern, als rotglühende Drahtkörbe nicht unbedingt eine Explosion der Schlagwetter bewirken, wenn sofort entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, welche die Lampe ohne Erzeugung eines Luftzuges zum Erlöschen bringen.

Eine Explosionsfähigkeit des Schlagwettergemisches besteht nur bei einem Gehalt an CH_4 zwischen 5 und 14 %. Sie ist am stärksten bei etwa 9 % . In diesem Falle verläuft die Explosion etwa nach der Formel:



Die Flammtemperatur beträgt in diesem Falle etwa 2650°C . Der Sicherheit wegen erkennen die Bergbehörden nur Luftgemische bis zu 1 % CH_4 als sicher und zulässig an.

Das Grubengas befindet sich in den Poren der Kohle und des Nebengesteins sowie in den vorhandenen Gebirgsklüften. Somit kann es in die Grubenbaue gelangen durch regelmäßiges Ausströmen aus der Kohle und dem Nebengestein. Je nach der Porosität wird dem Gasaustritt ein mehr oder weniger großer Widerstand entgegengesetzt. Im ersten Falle wird das Gas anfangs in vergleichsweise geringen Mengen ausströmen. Gleichzeitig wird der Gasdruck von den freigelegten Kohlenstößen nach dem Flözinnern stark ansteigen. Es sind Gasdrücke im Flöz durch Bohrlöcher von mehreren Metern Tiefe im Betrage von mehreren Atmosphären (bis 40 at) festgestellt worden. Zur Feststellung des Gasdruckes wird jedes Bohrloch mit einem gasdichten Verschuß versehen, durch welchen ein mit Manometer versehenes Rohr geführt ist. Wird eine solche Kohle nun später schnell abgebaut und dabei innerhalb der Abbauräume stark zerkleinert, so können diese Gasmengen ungehindert entweichen. Es findet also eine starke Gasentwicklung als Folge der mit dem Abbau verbundenen Bloßlegung neuer Kohlenoberflächen statt. Darauf sind die bergpoli-

zeitlichen Bestimmungen zurückzuführen, nach welchen entweder die Wettermenge eines Wetterstroms bei der Überschreitung von 1 % CH_4 entsprechend zu erhöhen oder der Betrieb entsprechend einzuschränken ist. Der letzte Passus ist nur im Hinblick auf die obige Ausführung zu verstehen.

Die Porenwände der Kohlen sind in manchen Fällen, etwa infolge von Gebirgsdruck oder aus sonstigen Anlässen, geschwächt oder zerdrückt, so daß sie den Gasdruck nicht auszuhalten vermögen, wenn die Kohle durch Grubenbaue freigelegt wird. Es entstehen dann die gefährlichen „plötzlichen Gasausbrüche“, bei welchen neben großen Gasmengen auch erhebliche Mengen Kohlenstaub — eben die zerdrückten oder durch den Gasdruck explodierten Porenwände — in die Baue geschleudert werden. Glücklicherweise sind diese Erscheinungen im deutschen Steinkohlenbergbau selten und treten hier gelegentlich in größerer Tiefe mitunter an tektonischen Störungsgebieten auf. Man wendet als Vorsichtsmaßnahme in solchen Gebieten das Vorbohren innerhalb der Flöze an. Durch diese Bohrlöcher, die von den herzustellenden Strecken in das Flöz vorgetrieben werden, kann man rechtzeitig gefährliche Veränderungen desselben feststellen und gegebenenfalls das Gas allmählich durch das Bohrloch abzapfen, so daß die Gefahr beseitigt wird.

Beim Anfahren von gaserfüllten Kluftsystemen kann das Gas mitunter langanhaltend in großen Mengen in die Grubenbaue strömen. Die Gase werden häufig durch besondere Rohrleitungen abgeleitet und für sich verwertet. Kleine Mengen werden durch Zuführung entsprechender Luftmengen bis zur Unschädlichkeit verdünnt.

Mit dem spezifischen Gewicht des Grubengases hängt auch die Bestimmung zusammen, nach welcher überflüssig gewordene Überhauen *unten* wetterdicht abgesperrt werden müssen. Es können sich dann hier keine Schlagwetter ansammeln, was eintreten würde, wenn die Abdichtung oben erfolgen würde.

Aus den Hohlräumen alter Abbaue können, besonders bei plötzlicher Erniedrigung des Luftdrucks, ebenfalls erhebliche Mengen dort angesammelter Schlagwetter in die Grubenbaue dringen.

Die in die Grubenbaue eingedrungenen Grubengasmengen vermischen sich mit der Grubenluft auf dem Wege der Diffusion. Naturgemäß wirkt die Diffusion um so langsamer, je größer die Entfernungen zwischen der Austrittsstelle des Gases und der Zutrittsstelle der Frischluft sind. In einer Strecke oder in einem schräg nach oben geführten Aufhauen wird die Diffusion bei einigermaßen gasreicher Kohle völlig wirkungslos sein. Das hat die Bergbehörde veranlaßt, auf Steinkohlenbergwerken die Bewetterung lediglich durch Diffusion zu verbieten.

Das geringe spezifische Gewicht des Grubengases bewirkt dessen Ansammlung in den oberen

Teilen der Grubenbaue (unter der „First“). Die weitere Folge davon ist die, daß abwärts geleitete Wetter das oben befindliche — insbesondere bei Holzausbau gegen den Luftstrom ohnehin geschützte — Grubengas nur schwer mitnehmen. Deshalb ist die abwärts gerichtete Bewetterung, abgesehen von den nicht zu umgehenden, in jedem Einzelfall besonders zu genehmigenden Ausnahmen verboten. Der frische Luftstrom wird daher im Einziehschacht möglichst bis auf die tiefste Sohle des Bergwerks herabgeführt, um von dort aus in dem Grubengebäude aufzusteigen. Grubenbaue mit weniger als 5° Neigung gelten in diesem Sinne noch als horizontal. Hier dürfen die Wetter abwärts geführt werden, weil die oben erwähnten nachteiligen Erscheinungen hier fortfallen.

Der Gasaustritt aus der Kohle und dem Gestein ist ein verhältnismäßig stetiger. Die Barometerschwankungen haben hier nur einen geringen Einfluß. Nimmt man z. B. einen Barometersturz von 5 % an, bezogen auf den Luftdruck von 1 at abs., so würde die absolute Druckdifferenz auf einen in der Kohle herrschenden Gasdruck von 2 at abs. nur eine Abflußvermehrung von 2,5 % bewirken. Ist das Gasgemisch durch die Wetterführung normal auf 1 % CH_4 verdünnt, so würde der Gasgehalt um 2,5 % von 1 %, also kaum fühlbar steigen.

Soweit es sich um Gasansammlungen in alten, noch offen stehenden Abbauen (im „alten Mann“) handelt, können infolge der mit der Luftdruckverminderung verbundenen Expansion vorübergehend, d. h. während des Sinkens des Luftdruckes, größere Gasmengen in die betriebenen Grubenbaue treten, wenn der Rauminhalt der verlassenen alten Baue vergleichsweise sehr groß ist und der Barometersturz sehr plötzlich erfolgt. Jedoch bleiben selten große Hohlräume im alten Mann offen stehen. Bei den heute meist angewandten Abbaumethoden mit Bergeversatz sind zudem die Hohlräume mit Bergen ausgefüllt. In den versetzten Abbauen offen stehende, auch unbenutzte Strecken müssen bewettert werden, ebenso wie alle sonstigen unbenutzten Grubenbaue, wenn sie nicht wetterdicht abgeschlossen werden können, so daß auch hier die Gefahr der Schlagwetteransammlung in der Regel beseitigt ist.

Trotzdem können jederzeit Unregelmäßigkeiten in der Wetterführung bzw. in der Gasentwicklung eintreten, etwa durch Zusammenbrechen von Streckenteilen oder sonstige Gebirgsdruckwirkung. Während der Arbeitszeit werden diese Veränderungen sofort beobachtet, so daß auch meist rechtzeitig entsprechende Vorkehrungen getroffen werden können. An Sonn- und Festtagen, eventl. auch nachts, also zu Zeiten, in welchen sich niemand in dem Bergwerk aufhält, können jedoch gefährliche Veränderungen entstehen. Da die Veränderungen jederzeit eintreten können, bieten Untersuchungen des tat-

sächlichen Zustandes der Bewetterung für die Belegschaft nur dann einen sichernden Vorteil, wenn sie möglichst kurz vor der Wiederaufnahme der Arbeit durchgeführt werden. Darauf sind die Vorschriften zurückzuführen, nach welchen nicht länger als etwa drei Stunden vor Anfahrt der Belegschaft alle Betriebspunkte, die nicht in der unmittelbar vorhergehenden Zeit belegt waren, durch besondere „Wettermänner“ auf das Vorhandensein schädlicher Gase untersucht werden müssen.

Es ist selbstverständlich, daß alle Grubenbaue, in denen Schlagwetter oder sonstige schädliche Gase festgestellt werden, sofort verlassen werden müssen bzw. nicht mehr befahren werden dürfen, bis die Gefahr beseitigt ist.

Zur Feststellung des Vorhandenseins von Grubengas (CH_4) in den Grubenwettern dient noch allgemein die sog. Sicherheitslampe, und zwar zweckmäßig die Benzinsicherheitslampe.

Es sind zahlreiche Untersuchungsmethoden und Apparate zur Feststellung von CH_4 in Vorschlag gebracht worden, insbesondere von Nichtbergleuten. Alle diese Indikatoren versagen entweder in der Grube, d. h. bei dauerndem Aufenthalt in Schlagwettergemischen, oder sind nur in der Hand naturwissenschaftlich gebildeter Menschen, aber nicht einfacher Bergleute brauchbar. Bisher ist noch kein zuverlässig arbeitender, einfach eingerichteter Apparat erfunden worden, der die Sicherheitslampe für den Gebrauch durch Bergleute verdrängen konnte.

Es kommt wesentlich darauf an, daß der einzelne Bergmann vor seinem Arbeitsort jederzeit sofort das Vorhandensein von Schlagwettern erkennen kann, ohne umständliche Vorrichtungen nötig zu haben, wenn das Verfahren überhaupt einen Zweck haben soll. Man muß stets mit dem lässigen Menschen rechnen, der seine Beobachtungen möglichst ohne besondere Gedankenarbeit durchführen will, weil von dem Verhalten eines solchen Menschen zugleich Leben und Sicherheit der anderen Belegschaftsmitglieder abhängen.

Die Brauchbarkeit der Sicherheitslampe zur Erkennung von CH_4 beruht darin, daß dieses Gas innerhalb des Bereichs der Flamme mit verbrennt, letztere also entsprechend vergrößert und verlängert. Je heißer die Flamme ist, um so größer ist bei sonst gleicher Flammengröße die Einwirkung. Das Gas verbrennt unter Bildung einer blaß hellblau gefärbten, wenig leuchtenden Flamme, welche die Zündflamme mit entsprechend breitem Saum (Aureole) einschließt. Bei stark leuchtenden Zündflammen ist diese Aureole für das Auge nicht gut sichtbar, weshalb man die Zündflamme, d. h. das Licht der Grubensicherheitslampe, für die Untersuchung so klein schraubt, daß es nicht mehr leuchtet. Man kann dann die Aureole an der Benzinsicherheitslampe schon bei Gegenwart von 1 % CH_4 erkennen. Bei 3 % CH_4 erreicht die Aureole fast die Höhe des etwa 6 cm hohen Glaszylinders. Bei 4 % CH_4 ragt die Aureole be-

reits in den Drahtkorb hinein. Bei einem Gehalt von 5–14 % CH_4 erlischt die Zündflamme, während das sich stets erneuernde Schlagwettergemisch im Korb dauernd weiterbrennt, wobei derselbe rotglühend wird. Bei mehr als 14 % CH_4 erstickt jede Flamme infolge Sauerstoffmangels.

Naturgemäß ist auch die Einrichtung der Sicherheitslampen Gegenstand sorgfältigster bergpolizeilicher Überwachung. Die einzelnen Teile der Lampen müssen dicht aneinanderschließen, damit keine offenen Stellen entstehen, die nicht durch ein Drahtnetz geschützt sind, so daß die Flamme nirgends ungehindert nach außen schlagen kann. Von den rein technischen Einrichtungen seien hier nur der bergpolizeilich verlangte Magnetverschluß und die Innenzündung erwähnt. Jener soll die Öffnung der Lampe durch den Arbeiter verhindern und diese das Öffnen überflüssig machen.

Durchweg wird verlangt, daß jede Lampe mit zwei übereinander gestülpten Drahtkörben versehen ist. Das Netz der Drahtkörbe muß aus einem Drahtgeflecht von 0,3–0,4 mm Drahtstärke und mindestens 144 gleichgroßen Maschen je qcm Fläche bestehen. Ferner muß der innere Drahtkorb aus Eisen- oder Stahldraht bestehen.

Das Drahtnetz erfüllt seinen Zweck am besten, wenn es die erzeugte Wärme restlos aufnehmen und ableiten kann. Hierzu muß die Drahtnetzoberfläche im Verhältnis zum Inhalt möglichst groß sein. Da das Verhältnis $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Inhalt}}$ bei allen Körperformen mit Zunahme der Körpergröße immer kleiner, also für den vorliegenden Fall ungünstiger wird, so ergibt sich daraus, daß ein Drahtnetz bei Überschreitung einer bestimmten Größe des umschlossenen (Lampen-) Raumes keine Sicherheit mehr bieten kann.

Sinngemäß muß die Weite der einzelnen Drahtmasche so bemessen sein, daß der hier abströmende Gasstrahl bis auf den inneren Kern unter die Entzündungstemperatur abgekühlt wird. Hierzu ist gleichzeitig eine angemessene Drahtstärke erforderlich.

In starken Schlagwettergemischen (5–14 % CH_4) brennt das Gasgemisch innerhalb des Korbes und macht diesen rotglühend. Das ist noch ziemlich ungefährlich, weil die hier außen entlang streichenden Gase nicht 10 Sekunden hindurch mit dem Korb in Berührung bleiben.

Ist jedoch gleichzeitig eine erhebliche Luftbewegung vorhanden, so wird der Korb durch die verstärkte Flammenwirkung auf der der Luftbewegung abgekehrten Seite wesentlich heißer, eventl. bis zur Weißglut. Es erfolgt dann sofort die Zündung. Für solche Fälle könnte ein Messingdrahtgeflecht seiner besseren Wärmeleitfähigkeit wegen zweckmäßiger erscheinen. Jedoch ist Messing nie völlig homogen. Der Schmelzpunkt der einzelnen Drahtnetzteile ist daher sehr verschieden und wird mitunter schon

bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen erreicht. Eine stark konzentrierte Wärmeentwicklung, wie sie bei schneller Luftbewegung erfolgt, kann zudem auch durch Messing nicht schnell genug abgeleitet werden.

Es hat sich nun herausgestellt, daß diese schädlichen Wirkungen bei einfachen Körben bereits bei etwa 4,00 m Luftgeschwindigkeiten eintreten, bei Doppelkörben dagegen erst bei etwa 8,00—10,00 m. Darauf ist die Forderung der Verwendung von Doppeldrahtkörben und das Verbot der Anwendung von Wettergeschwindigkeiten von mehr als 6 m in der Sekunde in den von Bergleuten benutzten Grubenbauen zurückzuführen.

Die ordnungsmäßige Überwachung der Bewetterung eines Steinkohlenbergwerks erfordert, wie man aus den vorstehenden Ausführungen wohl schließen kann, die volle Arbeitskraft eines geschulten Technikers. Um eine zielbewußte Führung der Grubenwetter zu gewährleisten, verlangen die Bergbehörden in der Regel die Einstellung eines besonderen „Wettersteigers“ für jede selbständige Betriebsanlage. Die Aufgabe dieses Beamten besteht in der regelmäßigen Messung der Luftmengen und Anfertigung von Analysen der einzelnen Teilströme und des Gesamtluftstroms und der Überwachung aller für die Bewetterung dienenden Einrichtungen.

Was menschlicher Voraussicht nach geschehen kann zur Verhütung von Grubenunglücken und zur Aufrechterhaltung eines geordneten Betriebes, geschieht, wie die Ausführungen wohl ergeben, hinsichtlich der Grubenbewetterung sowohl seitens der Bergaufsichtsbehörden als auch, wie man hinzufügen darf, seitens der Unternehmer. Letztere haben selbst das größte — insbesondere auch finanzielle — Interesse an der Vermeidung von Schlagwetterexplosionen, da deren Folgen die finanziellen Grundlagen eines Unternehmens auf das schwerste erschüttern können. Daß daneben für den Unternehmer ebenso wie für jeden anderen anständigen Menschen rein menschliche Gesichtspunkte maßgebend sind zur Verhütung der Schlagwettergefahren, ist ebenfalls klar. Trotzdem darf man sich leider nicht der Hoffnung hingeben, daß die Gefahren auch bei strengster Einhaltung der bergpolizeilichen Bestimmungen völlig vermieden werden könnten. Gegen unglückliche Zufälligkeiten und Naturgewalten ist keine unbedingte Sicherheit zu schaffen. Doch ist durch die gewissenhafte Zusammenarbeit der Behörden, Werksverwaltungen und Belegschaften erreicht, daß die Zahl der Verunglückungen, insbesondere auch durch Schlagwetter, im Laufe der letzten Jahrzehnte durchschnittlich erheblich gesunken ist. Während in den Jahren 1881—1890 auf je 540 000 t geförderter Kohle je ein durch Schlagwetterexplosionen tödlich Verunglückter entfiel, entfiel in den Jahren 1901—1910 auf je 1 772 000 t geförderter Kohle erst ein durch Schlagwetter tödlich

Verunglückter. Die Arbeit ist also erfolgreich gewesen. Damit ist nicht zuletzt auch der neuerdings von gewissen Stellen des Auslandes erhobene Vorwurf der Rückständigkeit der deutschen Bergwerksbetriebe widerlegt. Wir brauchen auch in dieser Hinsicht keinen Vergleich zu scheuen.

Besprechungen.

Lewin, L., *Die Kohlenoxydvergiftung*. Berlin, Julius Springer, 1920. IX, 369 S. und 1 Tafel. Preis M. 60,—.

Wer da weiß, daß das Kohlenoxyd heute dasjenige Gift ist, das viel mehr Todesopfer fordert als alle andern Gifte zusammen und daß eine große Zahl von chronischen und akuten Vergiftungen nicht erkannt werden, die zum Teil unter Alkoholismus oder organischen Störungen und Infektionskrankheiten subsumiert werden —, der wird die nicht zu überschätzende Bedeutung eines Werkes, das, zum erstenmal in der Geschichte der Medizin, alle Daten von Bedeutung über dieses Gebiet zusammenfaßt, unmittelbar einsehen. Lewin hat heute die umfassendste Erfahrung über die so vielgestaltigen Kohlenoxydvergiftungen. Er hat ferner eine umfassende Übersicht über die geschichtliche Entwicklung ihres Auftretens und ihrer Verbreitung und kann deshalb zeigen, was für eine erstaunliche Konstanz dieses unsichtbare, *unsere Sinne nicht zugängliche*, geruchlose, so häufig auftretende Gift zu allen Zeiten gehabt hat, wie furchtbar häufig die Verkenntung der Vergiftungsursache zu allen Zeiten gewesen sein muß, wie viele scharfe Beobachter, welche nicht bloß den Menschen, sondern auch das Milieu beachteten und die äußeren Ursachen, und wie einzelne immer und immer wieder auf die Gefahr des Kohlen-gases aufmerksam gemacht haben. Er zeigt auch mit furchtbarer Eindringlichkeit, wie im Altertum dieser *bekannte* Zusammenhang zwischen unsichtbarem, geruchlosem, sich verflüchtigendem Gas und Todes-eintritt — bei mangelhafter Kenntnis der Gefahr durch die Medizin und Justiz —, wie dieses Gas bewußt als Gift in furchtbarer Weise zur Erreichung der illegitimen Erbfolge verwendet worden ist in einer Ruchlosigkeit, wie sie die uns bekannten Vergiftungen in der Renaissance durch die arsenhaltigen Giftpulver kaum erreicht haben.

Diese häufige Unkenntnis über den tatsächlichen Zusammenhang und über das Wesen des tödenden Agens bedingte und bedingt heute noch (im Zusammenhang mit der Neigung zu mystischer Deutung), daß, wie z. B. im Wirkungskreis des Ref. 80 % selbst der zur Kenntnis kommenden Todesfälle von Kohlenoxydvergiftung nicht durch ärztliche Diagnose, sondern durch äußere Umstände, zufällige Sektionen (wegen Kremation, Verdacht) erst zu unserer Kenntnis gelangen und daß es uns erst so gelang, den positiven, lückenlosen Nachweis zu führen.

„Unsere Zeit bedarf dringend des vollen, also auch des alten Wissens, über diesen Schädiger der menschlichen Gesundheit in allen seinen Wirkungsformen. Denn trotz weitgehender Erkenntnis und des bewußten Bestrebens, die hygienischen Forderungen aus einer solchen zu ziehen, heischt diese Vergiftung alljährlich noch viele Opfer und wahrscheinlich sehr viel mehr als zu irgendeiner vergangenen Zeit. Die Quellen für die Bildung von Kohlenoxyd

fließen heute reichlicher als früher, weil der Mensch weit über die Grenzen seiner persönlichen Bedürfnisse hinaus von kohlenstoffhaltigen Beleuchtungsstoffen, Brennstoffen, Explosivstoffen u. a. m. Gebrauch macht. Die Weltindustrie allein erzeugt täglich viele Millionen von Kubikmetern kohlenoxydhaltiger Gase, und Tausende in solchen Industrien Arbeitende sind ihrem einmaligen jähen oder wiederholt einwirkenden Einflüsse ausgesetzt. Derjenige, der dazu berufen ist, in solchen Fällen prophylaktisch und kurativ zu helfen oder als ärztlicher Gutachter in dem Kampfe, den der Verletzte um ein angebliches Recht auf Entschädigung führt, dem Richter die Unterlagen für die Entscheidung zu liefern, wird auch aus dem, was die früheren Zeiten an Positivem geliefert haben, Stücke seines Rüstzeuges wählen können.

Die folgende historische Darstellung ist die erste in ihrer Art. Sie ist durchweg nach den Quellen bearbeitet worden.

Das Buch von Lewin muß vor allem den Medizinern und den Behörden den furchtbaren Ernst und die furchtbare Verantwortung zeigen, die darin liegt, daß wir uns zu sehr auf das Innere des menschlichen Körpers und nur auf die im Innern des Körpers sich entwickelnden Vorgänge beschränken, und daß wir nur gelegentlich in ganz bestimmten Fällen, und zwar meist nur, wenn die Versicherung oder das Strafrecht oder die Angehörigen es verlangen, überhaupt die Möglichkeit haben, die Ursache in den äußeren Umständen zu suchen, selbst dann, wenn wir das Weiterbestehen der Gefahr annehmen müssen. Die durchweg verbreitete, tiefgreifende, verhängnisvolle Abneigung, auch die äußeren Umstände zu untersuchen und damit den Kausalzusammenhang, der auf den Menschen einwirkt, naturwissenschaftlich gerade in der Umgebung zu erfassen, hat viele Gründe: a) die Schwierigkeit der naturwissenschaftlichen Untersuchung, vor allem weil die ganze Umgebung uns meist nicht unterstützt, sondern im Gegenteil vom Wunsch geleitet ist, speziell in den Fabriken, oft auch in Wohnungen, es möchten keine Gifte und damit keine Grundlage für eine Verantwortung zivilrechtlicher oder strafrechtlicher Art gefunden werden. b) Die Abneigung und die Hemmung liegt aber vor allem auch in der Unkenntnis und damit im Mangel an Verantwortungsgefühl für diese Gefahr bei einer ganzen Serie von Behörden. Lewin konstatiert die furchtbare Tatsache, daß die Unaufdringlichkeit dieses Giftes, die Schwierigkeit des Nachweises, der Mangel an Anschaulichkeit und dazu die ungeheure Vielgestaltigkeit der Situationen sowohl Behörden — wie viele Gebildete, selbst Chemiker, Fabrikdirektoren, sogar Direktoren von Gaswerken — hinderten, diesem Gebiet die zureichende Aufmerksamkeit zu schenken, ja daß in einem fürchterlich hohen Prozentsatz gerade diese die Gefahren in ihrem Wirkungskreis produzierenden Persönlichkeiten selbst da, wo der Giftnachweis gelungen ist, sich auf den Standpunkt stellen, eine Vergiftung sei dort nicht möglich, und niemand habe das Recht, bei ihnen eine Untersuchung auf eine Giftgefahr zu machen. Es gibt nichts Peinigenderes für Mediziner und medizinische Sachverständige, als diese Erfahrungen; daß man sich persönlich mit einflußreichen Persönlichkeiten verfeinden muß — und zwar fast unversöhnlich verfeinden muß mit einzelnen —, wenn man diese unanschauliche, schwer beweisbare, aber reelle Gefahr positiv nachweisen und damit erst der Pflicht der Medizin genügen will, die wahre Gefahr am Ort zu finden, um zukünftige Fälle zu ver-

meiden. Das ist doch unbedingt die Hauptaufgabe der Medizin.

Ref. hat selbst Erfahrungen, wo er erst nach dem 6. Vergiftungsfall beigezogen worden ist, wo man dann noch alles versuchte, die Untersuchung als unnütz hinzustellen, ihn sogar lächerlich zu machen und aus dem Untersuchungsverfahren auszuschalten, wo erst die Tatsache, daß später keine weiteren Vergiftungsfälle erfolgt sind — nachdem die von ihm vorgeschlagenen Abänderungen gemacht worden sind, die Agitation gegen ihn besänftigte; erst dann wurde mindestens die öffentliche Feindschaft und Diskreditierung gegen ihn eingestellt. Dieselben Erfahrungen machte Lewin in einem ganz ausgedehnten Maße.

Es ist für die Leser der „Naturwissenschaften“ vielleicht interessant, einen Überblick zu bekommen, inwiefern die Ursachen der Kohlenoxydvergiftungen bekannt sind und inwiefern die Kenntnis parallel geht der Schwere der Gefahr. Häufig und gut bekannt sind Kohlenoxydgefahren bei den im folgenden skizzierten Einrichtungen. Aber die Tatsache, daß das Kohlenoxyd geruchlos ist, geschmacklos und unsichtbar, bedingt, daß selbst Ärzte relativ häufig auch in diesen Situationen Kohlenoxydvergiftungen bekommen. Ref. hat im Laufe der Jahre 27 Vergiftungen von Ärzten durch Kohlenoxyd kennen gelernt.

Häufige und gleichzeitig gut bekannte Situationen: Rauch, speziell Kohlenrauch, rückschlagende Ofengase, (Vergiftungen der Feuerwehr), Leuchtgas (offene Hähnen, Röhrenbruch), Wassergas, Sauggas, Generatorgas, alle mit ca. $\frac{1}{4}$ des Volumens Kohlenoxyd, Hochofengase usw. Wichtig sind die variablen Ursachen Luftzug, Temperaturschwankungen, Luftdruckschwankungen.

Bekannte, wenig häufige, heute in der Häufigkeit überschätzte Kohlenoxydursachen: Wenig häufige Kohlenoxydursachen sind heute das Le Blancs Soda-Verfahren, Kohlenglätteisen, Verstopfung von Kaminen (durch eingefallene Steine, Vogelnester), speziell in nur zeitweise verwendeten Ofenröhren, zu früher Schluß der Ofenklappe. (Vergiftungen durch zu frühen Schluß der Ofenklappen sah ich bis jetzt nur zwei Fälle, weil die neuen Ofenklappen Auschnitte tragen.)

Häufige, aber leider wenig bekannte Kohlenoxydursachen: Alle Explosionsgase, speziell die Sprenggase, die Gase der Explosionsmotoren, hauptsächlich in geschlossenen Räumen, in Tunnelbauten (wo Sprenggase und Abgase von Motoren oft zusammentreffen), Vergiftungen in Unterständen, in Geschütztürmen, Vergiftungen von Chauffeuren beim Ausprobieren von Motoren in geschlossenen Räumen, Verwenden von Kohlenelektroden. Häufige Ursachen sind vor allem die Gasbadeöfen mit mangelhaften Abzügen.

Seltenere Situationen gefährlicher Art, die übersehen werden: Zufällige Verbindungen von Kaminen, Kombination von Essen mit offenen oder nicht ganz abschließbaren Gasöfen mit Zentralheizungen bzw. Koksfeuerungen — Risse in den Kaminen unter Tapeten, verrostete offene Rauchtüren hinter Möbeln, schlecht geschlossene Ofenöffnungen bei nicht geheizten Öfen, wenn von wenig geheizten Öfen stark abgekühlte Gase in dasselbe Kamin abgehen und sinken —, Öfen ohne Abzug, Petrolöfen, Grudeöfen, selten geheizte Kirochenheizungen, Serienvergiftungen in Kirchen.

Fast unerschöpflich sind die Variationen von wenig bekannten aber physikalisch und chemisch durchaus durchsichtigen Vergiftungssituationen mit Kohlenoxyd: so Austritt von Leuchtgas durch Bruch von Lei-

tungen in der Straße, sogar in Häuser ohne Gas, Austritt hinter Tapeten, Risse in den Kaminen nach Erdbeben. Eintrittsmöglichkeiten in die Häuser durch Kloaken, Leitungsschächte, alte Rohre usw. Kohlenoxydentwicklung an Kohlenelektroden, Vergiftungen bei Dacharbeit, Arbeit an hochgelegenen Stellen in Gießereien usw. Dahin gehören auch Verteilung von Kohlenoxyd durch frühere Luftkanäle, alte Kamine. Brand von Zelluloid (z. B. schwere Vergiftungen beim Verbrennen von Grammophonplatten, Film usw.), Entstehung von Kohlenoxydvergiftung, wenn ein elektrisches Glätteisen in einem Schlafzimmer auf Wäsche stehen bleibt und ein Mottfeuer erzeugt.

Ref. sah mehrere Fälle, speziell während des Krieges, in denen Leute, die sich an alten Öfen zu schaffen machten (Demontierung von Kupferteilen), durch Eröffnen des Ofens, der mit einem brennenden Ofen in Kommunikation stand, getötet wurden.

Die technische Darstellung und Verwendung von Kohlenoxyd, wie Phosgenherstellung, Phosgenwirkung usw., soll nur kurz angedeutet werden.

Das Werk von Lewin hat die ganz besondere Bedeutung darin, daß dieses im Leben in so variablen Situationen so außerordentlich häufig auftretende Gift nach allen den Richtungen und Gesichtspunkten behandelt ist, nach welchen eine große Zahl von anderen Gifstoffen in ihren Giftwirkungen auf den menschlichen Körper ebenfalls behandelt werden sollte.

Die Diskussion des Mechanismus der Vergiftung: Lewin vertritt energisch die Auffassung, daß das Kohlenoxyd mehr erstickend wirkt — indem der Sauerstofftransport im Blut durch Besetzung der Sauerstoffstellen durch Kohlenoxyd unmöglich wird. Er gibt eine Reihe von Beweisen, z. B. daß nicht die Konzentration des Kohlenoxydes entscheidend ist, sondern daß Tiere, wenn sie die zehnfachgiftige Konzentration Kohlenoxyd atmen, nicht einmal krank werden, wenn die Atmosphäre reich ist an Sauerstoff, daß die Tiere in 10—30 % Kohlenoxyd gesund bleiben, wenn sie unter einem starken Überdruck des Sauerstoffes atmen können.

Die außerordentlich komplizierten Nachwirkungen sind allerdings durch diese Interpretation nicht erklärt. Daß man auch nachträglich, wenn gar kein Kohlenoxyd mehr nachgewiesen werden kann im Blut, doch mit großer Wahrscheinlichkeit bestimmte Krankheitszustände auf Kohlenoxydvergiftung zurückführen kann, dafür hat Lewin selbst die größte Zahl von Beweisen durch seine Begutachtung für das Reichsversicherungsamt die letzten Jahrzehnte hindurch geliefert.

„Ich habe viele Tiere mit Kohlenoxyd vergiftet und auch kohlenoxydvergiftete Menschen in den ersten und letzten Stadien der Vergiftung beobachtet. Was bei ihnen auftrat, ließ mich erkennen, daß es unmöglich ist, Gesetzmäßiges oder auch nur halbwegs Einheitliches über die Schnelligkeit des Ablaufes der Gaswirkung im Vergleich zu der Erstickung durch Sauerstoffmangel auszusagen. Dies gilt schon für Kaninchen, Katzen und Hunde, vor allem aber für Menschen, bei denen die Dyspnoe durch Kohlenoxyd viele Stunden anhalten kann. Sie trägt vollkommen den Typus der Erstickungsatmung durch Sauerstoffbeschränkung mit den gewöhnlichen Begleiterscheinungen. Und selbst wenn es anders wäre, so würde eine so geringe Verschiedenheit in der Atmungsart allein nicht die Berechtigung abgeben, den weitgehenden Schluß zu ziehen, daß die Kohlenoxydvergiftung keine Erstickung

durch Entbehrung von verwendungsfähigem Sauerstoff sei.

Die zweite Hälfte des Buches umfaßt die spezielle Symptomatologie der akuten und chronischen Kohlenoxydvergiftungen, nach Organsystemen betrachtet.

Diese ausführliche Behandlung der Organsymptome ist von allgemeinem, größtem Interesse, weil die Gewohnheit besteht, daß bei derselben Vergiftung, auch bei chronischen Vergiftungen, genau das gleiche symptomatische Krankheitsbild gesucht wird und sehr häufig zu Unrecht der Kausalzusammenhang mit einem Gift direkt in Abrede gestellt wird, wenn das Krankheitsbild etwas variiert. Hier wird zum erstenmal in dieser umfassend dokumentierten Weise die große Variationsbreite eines Krankheitsbildes, das auf die Einwirkung eines einzigen einfachen Giftes erfolgen kann, auf Grund größter eigener Erfahrung und der gesamten Weltliteratur des medizinischen Wissens, aber auch und vor allem auf Grund der Erfahrungen der Techniker einerseits, der Versicherung und der Rechtsprechung andererseits zugänglich gemacht. Damit entsteht die allgemeine, umfassende Verpflichtung, diesen Erfahrungen speziell auf dem Rechtsgebiet und in den verschiedenen interessierten Kreisen umfassend Rechnung zu tragen und damit der Rechtsunsicherheit auf diesem Gebiet ein Ende zu machen. Bis heute waren diese Krankheitsbilder viel zu wenig bekannt, und deshalb war die rechtliche Beurteilung oft von den geradezu zufälligen Kenntnissen der lokalen Experten abhängig.

Das Werk über Kohlenoxydvergiftung von Lewin hat eine viel umfassendere Bedeutung als eine gewöhnliche Monographie über ein Gift, weil diese Monographie neben der chemisch-toxikologischen Seite, neben der großen Variation der Krankheitsbilder der akuten und chronischen Vergiftungen, neben der eindringlichen Darstellung der verschiedenen Stadien der Vergiftung, der Vergiftungskombinationen, auch eindringlich die Geschichte dieser Vergiftungen und die erkenntnis-theoretische Seite zur Darstellung bringt. Gleichzeitig stellt sie, ohne es besonders zu betonen, die furchtbare Gefahr außerordentlich wirksam dar, die gerade in der so häufigen Verkenntnis vieler Giftursachen in der neuen Zeit liegt, wo die steigende Zahl der giftigen Substanzen mit ihren für unsere Sinne analog verhängnisvoll unzugänglichen Eigenschaften analoge oder noch größere Schwierigkeiten für die Erkennung bietet, die sich in den verschiedensten Formen bei oft weit abliegenden Quellen, unreinen Substanzen und Gemischen an den Menschen heran drängen.

Dem Ref. liegt es besonders daran, darauf hinzuweisen, wie Lewin auch die ungeheure Varianz des Vergiftungsbildes bei einem einheitlichen, so einfachen, chemisch bekannten Gift aufweist, wie er uns überzeugt, warum der menschliche Körper — eben je nach der besonderen Empfindlichkeit — nach der Einwirkung der gleichen Substanz so verschiedene Symptome zeigt, wie oft die Vergiftungsnachwirkungen verkannt werden, die bei neuen Vergiftungen auftreten.

H. Zangger, Zürich.

Lewin, L., Die Gifte in der Weltgeschichte. Toxikologische, allgemeinverständliche Untersuchungen der historischen Quellen. Berlin, Julius Springer, 1920. XII, 596 S. Preis M. 56.—.

Ein Thema, das lebhafteste Anteilnahme in weiten Kreisen erregen wird, hat sich der Verfasser gewählt und in umfassender Weise behandelt. Wir erfahren

von der Entwicklung, Verbreitung und Verwendung der Giftkenntnisse in alter Zeit, von den Vergiftungen in ihren Erscheinungen als Krankheiten, von der Behandlung der Vergiftungen in früheren Zeiten, von der Gesetzgebung über Gifte, von den Giften als Mittel des Strafvollzuges, von der Giftbeibringung auf absonderlichen Wegen, vom Selbstmord durch Gifte und vom Alter und der Bedeutung der Arsenverbindungen als Gifte. Der historische Charakter des Werkes, dessen Angaben im wesentlichen mit dem Beginn des 18. Jahrhunderts schließen, ist in dem letzten Buch, das von den Giften als Kriegsmittel handelt, nicht gewahrt. Hier findet sich ein sehr bemerkenswertes Kapitel über die gegenwärtig gebrauchten Pfeilgifte der Naturvölker, an deren Erforschung *Lewin* hervorragenden Anteil hat, und ein Kapitel über die modernen Kampfgase, aus dem wir allerdings wesentlich nur erfahren, daß der Verfasser diese Kampfesart auf das leidenschaftlichste ablehnt.

Den größten Raum des ganzen Werkes nehmen die Bücher 9, 10 und 11 ein, in denen hervorragende geschichtliche Menschen, Frauen und Geistliche als Vergifter oder Opfer von Vergiftungen geschildert werden. Wenn ein erfahrener Toxikologe wie *L. Lewin* die Angaben historischer Quellen über Todesfälle, bei denen der Verdacht der Vergiftung vorliegt, kritisch beleuchtet, so ist sicher Gewinn für die Klärung mancher Frage zu erwarten. Die Historiker werden für diese Unterstützung ihrer Forschungen dankbar sein müssen. Ihre Notwendigkeit zeigt *Lewin* an sehr bezeichnenden Beispielen. Manches Symptom, das der Historiker kaum bewertet, ist für den Toxikologen genügend, um diese oder jene Möglichkeit auszuschließen, manches andere weist auf bestimmte Gifte hin, wobei freilich die Differentialdiagnose in strengem Sinne nur selten möglich sein kann, wenn man, was *Lewin* besonders betont, die Schwierigkeit in Betracht zieht, zwischen Vergiftungssymptomen und Symptomen anderer Krankheiten zu unterscheiden. Sehr viel Material ist hier mitgeteilt; das von der ungewöhnlichen Belesenheit des Autors zeugt, aber der Referent hat sich doch des Eindrucks nicht erwehren können, daß weniger hier mehr gewesen wäre. Neben Fällen, in denen *Lewin* als Fachmann die Symptome einer Krankheit wertet und so zu dem Urteil gelangt, ob eine Vergiftung vorgelegen habe oder nicht, stehen andere, der Zahl nach nicht zurücktretende, in denen die Berichte über den Krankheitsverlauf so spärlich sind, daß auch der erfahrenste Arzt keinen Anhaltspunkt für die Beurteilung der Art des Leidens gewinnen kann. In allen diesen Fällen steht der Toxikologe dem historischen Material nicht anders gegenüber, als der Historiker, ja sein Urteil wird nicht einmal dem des Geschichtsforschers vom Fach gleichwertig sein können, wenn er nicht mehr zu sagen vermag, als daß ein Giftmord nach dem Charakter der in Frage kommenden Persönlichkeiten oder aus psychologischen Gründen wahrscheinlich oder unwahrscheinlich sei.

Es scheint dem Referenten, daß die Wirkung des Buches bei den Historikern und auch bei anderen Lesern stärker sein würde, wenn sie sich die Fälle, in denen die Hilfe des historisch gebildeten Toxikologen einen ersichtlichen Fortschritt in der Klärung eines geschichtlichen Ereignisses bedeutet, nicht zwischen der Menge anderer Fälle herausuchen müßten, die nur als referierende Mitteilungen wirken.

Überall tritt der moralisch-philosophische Standpunkt des Verfassers deutlich hervor. Ihn kritisch zu

würdigen, ist hier nicht der Ort, obgleich die gegen andere Auffassungsmöglichkeiten schroff abweisende Art an mehr als einer Stelle zum Widerspruch herausfordert.
A. Pütter, Bonn.

Kükenthal, Willy, Leitfaden für das Zoologische Praktikum. Achte, umgearbeitete Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1920. 8°. VIII, 322 S. 174 Abb. im Text. Preis geh. M. 28,—; geb. M. 36,—.

Es heißt eigentlich Eulen nach Athen tragen, wenn man bei Gelegenheit einer neuen Auflage dem nun seit 22 Jahren von Lehrenden und Lernenden gebrauchten und geschätzten Buche *Kükenthals* einen Empfehlungsbrief mit auf den Weg gibt. Allbekannt sind die großen Vorzüge dieses in seiner Art klassischen Werkes: die straffen systematischen Übersichten, die praktischen Notizen-technischen Inhalte, die klaren allgemeinen Charakteristiken der einzelnen Tiergruppen, die auf Grund vieljähriger Erfahrung gemachten Angaben für die speziellen Kurse, die lehrreichen, überall das Wesentliche hervorhebenden Originalabbildungen. Für mich persönlich knüpfen sich liebe Erinnerungen an das Buch, dessen Entstehung ich Schritt für Schritt verfolgen konnte, als ich in Jena durch seinen Verfasser in die zoologische Wissenschaft eingeführt wurde. *Kükenthal* las seinem engeren Schülerkreise die einzelnen Abschnitte seines werdenden Werkes vor, besprach jede Einzelheit mit uns, und wir halfen ihm beim Lesen der Korrekturen. An meiner Seite saß *Thilo Krumbach* und zeichnete mit bewundernswürdiger geschickter Hand und feinem Verständnis die Abbildungen. So war ich Zeuge, wie das Buch aus der Praxis für die Praxis erstand, und jahrelange eigene Verwendung im zoologischen Praktikum hat mich von der Überlegenheit des *Kükenthalschen* Leitfadens über alle anderen gleichen Zwecken dienenden Werke überzeugt.

Die neue Auflage setzt die schon in der vorhergehenden begonnene Umarbeitung der „systematischen Überblicke“ fort. Die Schwämme sind im Anschluß an *Hentschel* neu eingeteilt, das Kapitel über die Manteltiere hat eine eingehende Revision und der systematische Überblick der Vertebraten nicht unerhebliche Veränderungen erfahren.

W. May, Karlsruhe.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über die Wirkung von Arzneimischungen.

In dem Heft 48 vom 26. November 1920 hat der Professor der Pharmakologie in Leyden, Herr *Storm van Leeuwen*, einen längeren Aufsatz über die Wirkung von Arzneimischungen veröffentlicht, gegen dessen Ausführungen ich mancherlei Einwände geltend machen könnte.

Ich beschränke mich aber darauf, einen kleinen Abschnitt auf S. 937 zurückzuweisen, welcher die Überschrift: „Traubes Theorie“ trägt und unter Hinweis auf meine Untersuchungen mit den Worten beginnt: „Während *Traube* in den letzten Jahren fast alle physiologischen Probleme vom Standpunkt der Oberflächenspannungs-Verminderung untersucht hat und der Natur das Recht scheint nehmen zu wollen, Kräfte zu benutzen, die er (*Traube*) nicht mit seinem Stalagmometer messen kann, hat er auch die Frage des Synergismus und Antagonismus von Arzneimitteln mit Hilfe dieses Instrumentes zu erklären versucht. usw.“

Der Verfasser weist hier hin auf eine Arbeit von mir und *Onodera* in der Intern. Ztschr. f. phys.-chem.

Biologie I, S. 133, 1914 über Synergismus und Antagonismus von Arzneimitteln und Giften, zu deren Inhalt ich mich auch heute noch voll und ganz bekenne, um so mehr, als ein namhafter Pharmakologe, Professor *Fühner* in Königsberg, im Jahre 1913 im Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmacol. Bd. 75, S. 53, 1913, in ganz analoger Richtung mit Hilfe meines Stalagmometers in Übereinstimmung mit mir dem betreffenden Probleme nähergetreten ist. Auffallenderweise werden die Arbeiten von *Fühner* in dem Aufsatz des Herrn *Storm van Leeuwen* nicht erwähnt, während andere Arbeiten über die Gebühr hervorgehoben werden.

Es tut mir leid, wenn ich das Mißfallen des Verfassers dadurch erregt habe, daß „ich fast alle physiologischen Probleme vom Standpunkt der Oberflächenspannungs-Verminderung untersucht habe“. Es ist wirklich nicht meine Schuld, daß die Oberflächenspannungs-Verminderung, wie auf Grund meiner Arbeiten allgemein von Physiologen anerkannt wird, mit den allerverschiedensten physiologischen Vorgängen, wie O-mose, Narkose, Katalyse, Adsorption, Flockung, Quellung usw. usw., in innigster Beziehung steht. Und wenn mein Stalagmometer wohl kaum in einem physiologischen Laboratorium des In- und Auslandes fehlt, so muß man diesem Apparate wohl einige Bedeutung zuschreiben. Im übrigen habe ich niemals die Frage des Synergismus und Antagonismus von Arzneimitteln mit Hilfe jenes Instrumentes zu „erklären“, sondern nur messend zu behandeln versucht, indem ich auf S. 141 der zitierten Abhandlung ausdrücklich darauf hinwies, daß das Stalagmometer „nur etwas über die direkten Wirkungen zweier Alkali-oxide aufeinander auszusagen vermag“.

Herr *Storm van Leeuwen* gehört offenbar zu den etwas allzu konservativen Pharmakologen, welche sich in die physikalische Anschauung nicht hineinzufinden vermögen, die ich seit etlichen Jahren bemüht bin, in der Pharmakologie zur Geltung zu bringen. (Vgl. Biochem. Ztschrft. 98, 177, 1919 und Ztschrft. f. Immun. 29, 286, 1920.)

Berlin-Charlottenburg, den 20. Dezember 1920.

J. Traube.

Zur Analysis der Absterbeordnung.

Herr *Küpfmüller* versucht in Heft 2 der Naturwissenschaften eine neue Formel für die Absterbeordnung aufzustellen. Er geht dabei von der Beobachtung einer Bakterienmenge aus, die unter der Wirkung eines zerstörenden Mittels steht. Er nimmt eine konstant bleibende äußere schädigende Wirkung P und eine mit dem Alter abnehmende Widerstandskraft R an. Daher setzt er die Zahl der während eines Altersintervalls (nicht Zeitintervalls) Gestorbenen gleich $\frac{P}{R} l_x dx$, wo l_x die Zahl der Lebenden vom Alter x bedeute. Diesen Ansatz belegt er mit physiologischen Überlegungen. Für die Widerstandsfähigkeit nimmt er, um für sie ein einfaches Exponentialgesetz zu bekommen, an, daß sie einer linearen Differentialgleichung erster Ordnung genüge: diese Annahme wird dann durch eine Analogie aus der Elastizität plausibel gemacht. So bekommt man eine Absterbeformel mit 4 Konstanten. Eine davon ist das höchste erreichbare Lebensalter. Aus Beispielen sieht man, daß diese Konstante auf die Resultate so ziemlich keinen Einfluß hat. Daher setzt K sie gleich unendlich. Oder, was auf dasselbe hinauskommt, er setzt für R eine homogene, lineare Differential-

gleichung erster Ordnung an. So bekommt man eine Formel mit nur 3 Konstanten:

$$l_x = A \cdot e^{-\gamma e^{\beta x}}$$

Darin wird $\beta\gamma$ als Vernichtungsfaktor und β als Altersexponent bezeichnet. Zuletzt wird die Formel an einer Sterbetafel der Grönländer praktisch gewertet.

Die auf diesem komplizierten Weg abgeleitete Formel des Herrn *Küpfmüller* blickt bereits auf ein stattliches Alter zurück. Sie ist nämlich, wie man aus jedem Lehrbuch der Versicherungsmathematik (sogar dem kleinen Göschenbändchen) ansehen kann, identisch mit der von *Gompertz* bereits 1825 aufgestellten Formel:

$$l_x = k g^{c^x}$$

was sich durch die Substitution:

$$A = k; e^{-\gamma} = g; e^{\beta} = c$$

ohne weiteres ergibt. Sie läßt sich in 3 Zeilen durch die einfache Annahme ableiten, daß die Sterblichkeitsintensität

$$\mu_x = -\frac{1}{l_x} \frac{dl_x}{dx}$$

mit dem Alter in geometrischer Progression wachse. Die Bedeutung der hierbei auftretenden Konstanten ist in der großen versicherungsmathematischen Literatur bereits eingehend gewürdigt.

Man fragt sich erstaunt: Wozu der ganze Aufwand an Physiologie und Mathematik? — Um zu einem Resultat zu kommen, das schon seit beinahe 100 Jahren bekannt ist, das die Grundlage der wichtigsten Sterblichkeitsuntersuchungen bildete und bereits seit 60 Jahren verbessert ist.

Berlin-Wilmersdorf, im Januar 1921.

E. J. Gumbel.

Erwiderung auf die Zuschrift des Herrn

E. J. Gumbel.

Herr *Gumbel* bemerkt in dankenswerter Weise die interessante Tatsache, daß die von mir aus physiologischen Überlegungen heraus entwickelte Absterbeformel schon auf empirischem Wege gefunden wurde. Gerade der Umstand jedoch, daß sich ein so komplizierter Prozeß wie das Absterben durch eine solche einfache Formel darstellen läßt, weist förmlich darauf hin, daß der Formel ein tiefer Sinn zugrunde liegen muß. Die moderne Naturwissenschaft begnügt sich nicht mit der empirischen Aufstellung formaler Beziehungen. Handelt es sich aber darum, Einblick zu gewinnen in Naturvorgänge — unter Einblick gewinnen verstehen wir ja zunächst das Zurückführen auf ein geringstes Maß von Annahmen —, dann wird zuweilen der Aufwand eines bescheidenen mathematischen Apparates nicht zu umgehen sein. Wenn es auf diese Weise gelingt, bekannte empirisch ermittelte Beziehungen mehr oder weniger weitgehend analytisch zu begründen, so kann das doch nur als Fortschritt betrachtet werden, der zum großen Teil eben jenen mathematischen Hilfsmitteln zuzuschreiben ist. Daß der Zweck meiner Ausführungen nicht der war, eine neue Formel aufzustellen, brauche ich hier nicht zu wiederholen.

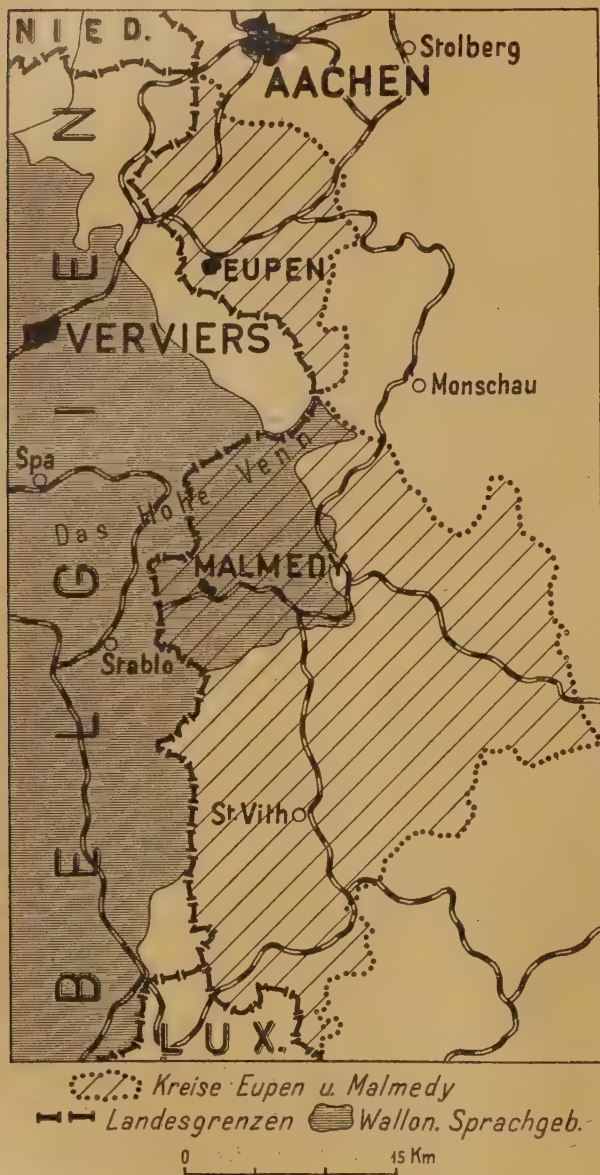
Berlin, im Januar 1921.

K. Küpfmüller.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der außerordentlichen Sitzung am 24. Januar 1921 hielt Herr Dr. *Tuckermann* (Köln) einen Vortrag über *Eupen und Malmedy*. Er ging von der Tatsache aus, daß die Auslieferung dieser beiden Kreise an

Belgien auf Grund einer Abstimmung erfolgt ist, die nicht den Willen der Bevölkerung zum Ausdruck gebracht hat, weil nur 271 von 30 000 stimmberechtigten Personen in die Listen eingetragen wurden. Die Stadt Aachen ist durch die Auslieferung in die schwerste Lage gekommen, da sie nun auf zwei Seiten von belgischem Gebiet umfaßt wird.



Besonders wichtig ist die Frage der Vennbahn, die Aachen mit Luxemburg verbindet, in einem bis 560 m ansteigenden großen Bogen das Hohe Venn erklimmt und durch sehr verschiedenartige Kreisgebiete verläuft. 29 Kilometer dieser Bahnstrecke liegen im Kreise Monschau, auf den Belgien auch vom geschichtlichen Standpunkt keinerlei Anspruch erheben kann. Trotzdem hat die Grenzkommission diese Bahn Belgien zugesprochen, so daß die Gebiete westlich der Bahn

deutsche Exklaven darstellen, die durch den belgischen Bahnkörper vom Reiche getrennt werden. Im Kreise Eupen gibt es unter 26 000 Einwohnern nur 81, im Kreise Monschau unter 18 000 sogar nur 20 Wallonen, und selbst der Kreis Malmedy hat unter 34 000 Einwohnern nicht mehr als 30 % Wallonen.

Die abgetretenen Gebiete gehören vorzugsweise dem Hohen Venn an, dem bis 690 m Höhe ansteigenden nord-westlichen Ausläufer des Rheinischen Schiefergebirges. Im nördlichen Teil erstreckt sich ein großes Waldgebiet, das in seiner Gesamtheit von Verviers bis Düren reicht und nur von einigen Rodungssiedlungen unterbrochen wird. Die an Belgien abgetretene Waldfläche übersteigt diejenige der im Kriege zerstörten belgischen Waldgebiete um ein Bedeutendes. In der Gegend von Eupen haben wir eine Hügelfläche, die wegen des reichlichen Niederschlages von 900 bis 1000 mm Höhe besonders von Wiesenkulturen und Wiesenland eingenommen wird, während der Ackerbau hier nicht rentabel ist. Dieses Butterländchen ist für die Versorgung der Stadt Aachen unentbehrlich.

Anders geartet ist der Kreis Malmedy, der die Hochfläche des Venn umfaßt, das fast ganz unbesiedelt ist. Die weiten Hochmoore haben nur selten ihre Ursprünglichkeit bewahrt; fast überall ist der Fichtenwald vorgedrungen. Von Körnerfrüchten wird fast nur Roggen und Hafer gebaut. Wichtiger ist die Viehzucht.

Die Städte hatten in früheren Zeiten meist bedeutende Industrien. Textilbranche und Gerberei sind noch heute von anerkannter Bedeutung. Die Eupener Wolltuchindustrie ist dadurch benachteiligt, daß die Hauptbahn Köln—Antwerpen die Stadt nicht berührt, während Verviers als Hauptsitz der belgischen Wollindustrie aufblühen konnte. Die Gerberei ist ebenfalls zurückgegangen, hält sich jedoch noch in Malmedy, das aber unter dem Wettbewerb der nahen belgischen Stadt Stablo schwer zu leiden hat. Das Aachener Wirtschaftsleben erleidet nach jeder Richtung hin durch die Abtretung wesentliche Nachteile. Unerträglich müssen diese werden durch die Auslieferung der Monschauer Bahn, die für Erz- und Kohlentransporte sehr wichtig ist. Die einzige gute Verkehrsbedingung würde verloren gehen und das Land wirtschaftlich auf das schwerste geschädigt werden.

Der Vortragende wies ferner darauf hin, daß nicht nur aus völkischen, sondern auch aus historischen Gründen die Abtretungen ungerechtfertigt seien, da die Gebiete stets zum Deutschen Reiche gehört haben. Die Behauptung der Belgier, die Kreise hätten früher größtenteils zu den niederländischen Territorien Limburg und Luxemburg gehört, sei nicht beweiskräftig genug. Auch das kleine wallonische Sprachgebiet um Malmedy sei stets deutsch gewesen.

In seiner Schlußansprache erhob der Vorsitzende, Geheimrat Penck, energischen Protest dagegen, daß Teile des Deutschen Reiches gegen den Willen der Bevölkerung an Belgien ausgeliefert würden, und charakterisierte mit scharfen Worten die Monstrosität der territorialen Grenzföhrung im Kreise Monschau. Es müsse laut bekundet werden, daß es sich hier um eine unerhörte, noch nie dagewesene Vergewaltigung handele, gegen die auch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus energisch Einspruch zu erheben sei.

O. B.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 10. (Seite 165—176)

11. März 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die physiologischen Grundlagen der Bewußtseinsvorgänge. Von *F. B. Hofmann, Marburg*. S. 165.

Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin:

Erklärungsversuch der Gebirgsbildung. Die Stöcke und Gänge von Porphyry im Waldenburger und Boberkatzbachgebirge Niederschlesiens. S. 172.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Ergebnisse der Verdunstungsmessungen auf und an dem Grimnitzsee. S. 173.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 174—175.

Die Baumwollkultur in Südamerika. Brennfleckstudien. Die Wahrscheinlichkeit einer Wettervorhersage.

Astronomische Mitteilungen. S. 175—176.

Kleine Planeten. Zur Sicherstellung der Bahnen älterer Planetoiden. Die Bewegung der Magellanschen Wolken. Das Doppelsternsystem 70 Ophiuchi. Marsbeobachtungen im Jahre 1920. Die beiden Spiralnebel N. G. C. 584 und 936.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Zeitschrift für Kristallographie

(Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie)

Begründet von **P. Groth**

Herausgeber und Schriftleiter von Band 56 ab
Professor Dr. **Paul Niggli**, Zürich

Das 1. Heft des 56. Bandes erscheint am 15. März 1921

Inhalt:

I. *L. Weber* (München), Ist durch die Auslöschungsschiefe von vier Kristallplatten der Winkel der optischen Achsen eindeutig bestimmt? — II. *P. Niggli* (Zürich), Kristallstruktur und Atombau. I. Mit 1 Figur im Text und 13 Tabellen. — III. *F. M. Jaeger* (Groningen), Zur Kristallographie einiger Derivate des Benzophenons. — IV. *W. Eitel* (Leipzig), Über die rhombischen Schnitte triklin-prismatischer Kristalle. Mit 13 Figuren im Text. — V. *Kürzere Originalmitteilungen und Notizen*: 1. *K. Mieleitner* (München), Über einige Mineralien vom Fuchsbau im Fichtelgebirge. Mit 4 Figuren im Text. 2. *K. Mieleitner* (München), Über einige Mineralien von der Grednitz im Fichtelgebirge. Mit 1 Figur im Text. 3. *L. Weber* (München), Auslöschungsrichtungen und Winkel der optischen Achsen monokliner Kristalle. Mit 6 Figuren im Text. 4. *L. Weber* (München), Einige Erfahrungen und Bemerkungen über das Zeichnen der Kristalle. 5. *K. Mieleitner* (München), Uilmannit von St. Andreasberg im Harz. — VI. *Auszüge*: Besprechungen von *P. Niggli* unter Mitwirkung von *K. Faesy*.

Umfang 123 Seiten. Gr.-8°

Preis **M. 56.**— (einschließlich Verleger-Teuerungszuschlag). Hierauf **kein** Auslandsvalutazuschlag

Preis von Band 1—55 mit Hauptregister zu Band 1—50, Teil I u. II und Repert. zu Band 1—40 **M. 6 403,50** (einschl. Verleger-Teuerungszuschlag). Für das zuschlagpflichtige Ausland kommt noch ein Valutazuschlag hinzu

Probehefte und Ankündigungen kostenfrei

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 9.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40^{0/10} Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G. m. b. H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Theodor Fisher Verlag in Freiburg i. Br. 79, Kirchstr. 33

Leuckart-Chust:
**Zoologische
Wandtafeln**

Schroeder-Harpf:
**Chemisch-Technolog.
Wandtafeln**

Keller-Andrae:
**Tiere der Vorwelt
Wandtafeln**

Ulbrich:
**Botanische
Wandtafeln**

Prospekte auf Verlangen porto- und kostenfrei

(228)

Verlag von J. F. Bergmann in München

Bewusstseinsvorgang und Gehirnprozess

Eine Studie über die energetischen Korrelate der Eigenschaften der Empfindungen

Von

Richard Semon

Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben

von

Otto Lubarsch

Mit einem Bildnis

1920. Preis M. 20.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

11. März 1921.

Heft 10.

Die physiologischen Grundlagen der Bewußtseinsvorgänge¹⁾.

Von F. B. Hofmann, Marburg.

Der enge Zusammenhang zwischen den physiologischen Vorgängen im Gehirn und dem Denken ist durch eine so große Reihe von Tatsachen bezeugt, daß ein Zweifel daran nicht aufkommen kann. Ein Mensch ohne Großhirn ist ein völlig blödes Lebewesen. Erkrankungen gewisser Partien der Großhirnrinde bewirken eine Abnahme der geistigen Fähigkeiten. Bei angeborener mangelhafter Entwicklung der Schilddrüse machen sich neben körperlichen Schäden auch geistige Ausfallserscheinungen bemerkbar, die durch regelmäßige Verfütterung von Schilddrüsensubstanz wesentlich gebessert werden können. Ja, neuerdings werden sogar Unterschiede im Charakter der Menschen auf Unterschiede der inneren Sekretion gewisser Drüsen zurückgeführt, und man versucht, die ganze Persönlichkeit durch Medikamente, also durch rein materielle Mittel, umzustimmen. Kein Wunder daher, wenn sich unter den Physiologen die Meinung bildete, die am drastischsten von K. Vogt mit den Worten ausgesprochen wurde, der Gedanke sei ebenso ein Produkt des Gehirns, wie der Harn ein Produkt der Niere.

Vorsichtiger war Emil Du Bois Reymond, der die Schwierigkeiten dieser Lehre erkannte, und der, da er von der materialistischen Auffassung her keinen Weg sah, das Geistige aus dem Physischen hervorgehen zu lassen, an der Lösung des Problems vom Zusammenhang des Geistes mit dem Leibe verzweifelte. Freilich kann die Frage, wie Geistiges aus Körperlichem entsteht, nicht beantwortet werden, weil es eben nicht aus ihm entsteht. Du Bois Reymond hat zwar ganz richtig nach Laplace einen Geist fingiert, der imstande wäre, die gesamten physikalischen und chemischen Vorgänge, etwa in meinem Gehirn, in allen Einzelheiten zu verfolgen, der aber, trotzdem er das Spiel der Atome vor sich gehen sieht, absolut nichts merkt von den psychischen Vorgängen, die sich gleichzeitig in meinem Geiste abspielen. Es fehlt aber bei Du Bois Reymond der zweite, ebenso berechtigte Standpunkt des eigenen Ich: Ich selbst merke gerade umgekehrt nichts von den physischen Prozessen in meinem Gehirn, mir bieten sich hingegen an ihrer Statt einzig und allein die geistigen Vorgänge dar, die sich in meinem Bewußtsein abspielen. Es ist eben, meinte

Fechner, ein und derselbe Vorgang, der nur je nach dem Standpunkt, den man einnimmt, verschieden erscheint, der sich dem objektiven Beobachter als physischer, dem Subjekt selbst aber als geistiger Vorgang darstellt, geradeso, wie ein Kreisbogen dem Beschauer, der im Inneren des Kreises steht, konkav, dem außerhalb stehenden konvex erscheint, obwohl es doch ein und derselbe Kreisbogen ist.

Durch diese Auffassung wird zunächst die falsche Fragestellung nach dem Entstehen des Psychischen aus dem Physischen endgültig beseitigt: Physisches wirkt nur auf Physisches und Psychisches nur auf Psychisches. Man wechselt nur den Standpunkt, wenn man von der einen Betrachtungsweise zur anderen übergeht. Dies ist in der Tat ein Ergebnis, das den Physiologen befriedigen kann. Allerdings geht die Fassung, die Fechner dem Satz vom Parallelismus gegeben hat, über die speziellen Anforderungen der Physiologie hinaus. Die Auffassung von Fechner ist, so darf man wohl sagen, eine Weiterbildung der Lehre Spinozas von der einen Substanz mit den beiden Attributen der Ausdehnung und des Denkens. Für die physiologische Forschung wäre es aber an sich gleichgültig, ob man statt dessen dem Gedanken des Parallelismus von physischem und psychischem Geschehen etwa die Wendung gäbe, die zur prästabilierten Harmonie von Leibnitz führt. Solche weitergehende Fragen werden eben nicht mehr von der Physiologie als solcher gelöst, sondern von jedem einzelnen im Zusammenhang mit seiner allgemeinen Weltanschauung beantwortet. Für die Physiologie ist das eigentlich Unentbehrliche genau genommen sogar bloß der Grundgedanke, daß den Bewußtseinsvorgängen überhaupt bestimmte Vorgänge im Gehirn eindeutig zugeordnet sind, wobei es zunächst offen bleiben kann, wie der Zusammenhang zwischen den beiden Reihen philosophisch aufzufassen ist. Der Zusammenhang muß nur ein streng gesetzmäßiger sein, derart, daß jedem einzelnen psychischen Vorgang ein ganz bestimmter physischer entspricht, und daß die Beziehungen der physischen Teilprozesse zueinander den Beziehungen der psychischen Teilprozesse zueinander analog sind. Die Parallelismustheorie liefert uns nun die bis heute beste Veranschaulichung dieses Zusammenhanges¹⁾, und sie hat

¹⁾ Rede bei der Übernahme des Rektorats am 24. Oktober 1920.

¹⁾ Den treffendsten Vergleich für diese Art von Beziehung brachte Hering (Über die spezifischen Energien des Nervensystems, Lotos, N. F., 5, 113. Neudruck in: Fünf Reden E. Herings, Leipzig 1921): Ein Buch besteht anatomisch aus einem Stoß weißer Blät-

uns auch in der Einzelforschung wesentlich vorwärts gebracht. Solange wir daher in unserer Anschauungs- und Ausdrucksweise auf dem Boden des naturwissenschaftlichen Realismus stehen, können wir sie zunächst durch kein anderes besseres Bild ersetzen¹⁾.

Eigentlich fruchtbar für die Forschung wurde die Hypothese vom psychophysischen Parallelismus, nachdem *Fechners* eigene großartige Anregung zur Intensitätsmessung der Empfindungen gescheitert war, erst durch meinen vor kurzem verstorbenen Lehrer *Ewald Hering*. Um seine Bedeutung für die Entwicklung der neuen Wissenschaft der Psychophysik recht zu würdigen, wollen wir ein Beispiel heranziehen, das zwar *Hering* selbst erst in zweiter Linie berücksichtigt hat, das sich aber wegen seiner Allgemeinverständlichkeit zur Darlegung des Grundsätzlichen vorzüglich eignet. „Wir empfinden bei niederen Temperaturen Kälte, bei höheren den Gegensatz dazu, Wärme. Es war eine große Errungenschaft der Physik, sich von diesen subjektiven gegensätzlichen Erscheinungen freizumachen und die Lehre von der einheitlichen, nur stufenweise verschiedenen Temperaturskala aufzustellen. Rein

ter mit vielen schwarzen Flecken verschiedener Form und Größe. Histologisch sind die Blätter aus feinen Fasern, die Flecken aus kleinsten schwarzen Körnchen zusammengesetzt. Chemisch bestehen die Blätter aus Zellulose, die Flecken aus verharztem Öl und Kohle. Aber selbst die genaueste Kenntnis dieser Einzelheiten nützt nichts zum Verständnis des geistigen Inhalts des Buches. Dieser erschließt sich erst dem, der den Sinn der schwarzen Flecke zu deuten vermag, der also das Buch lesen kann. Hätte der Laplacesche Geist vorher gelernt, welchem Bewußtseinsvorgang jede materielle Konstellation im Gehirn entspricht, so wäre er nachher auch imstande, aus der bloßen Betrachtung der physischen Vorgänge den Ablauf des geistigen Geschehens zu erkennen.

¹⁾ Den eigentlichen Gegensatz zur Parallelismustheorie bildet die Lehre von der Wechselwirkung des Physischen und Psychischen. Dem Naturforscher liegt am nächsten ein Gedanke, der zuerst von *Stumpf* (Rede zur Eröffnung des 3. internat. Psychologenkongresses in München, 1896), dann besonders von *v. Grot* (Arch. f. syst. Philosophie 4, 257, 1898) und von *Ostwald* (Vorlesungen über Naturphilosophie, Leipzig 1902) geäußert worden ist, das Psychische sei eine besondere Energieform, in die andere physikalische Energieformen (Wärme, chemische Energie usw.) nach äquivalenten Mengen umgeformt werden können, und die umgekehrt wieder in physikalische Energie zurückverwandelt werden kann. Jeder solche Erklärungsversuch muß daran scheitern, daß das Psychische seinem inneren Wesen nach etwas durchaus anderes ist als eine Energie im physikalischen Sinne. Es könnte höchstens davon die Rede sein, daß sich andere Energieformen im Gehirn oder vielmehr schon in den peripheren Sinnesorganen in eine spezifische „Nervenenergie“ umwandeln, und daß den „Nervenenergien“ psychische Begleitprozesse entsprechen. In der Form bietet aber diese Annahme nur eine Modifikation des Parallelismusgedankens, deren Berechtigung sehr zweifelhaft ist. Bei allen anderen Formen der Lehre von der Wechselwirkung zwischen Leib und Seele gerät man in Konflikt mit dem Gesetz von der Erhaltung der Energie. Vergl. *Busse* (Geist und Körper, Seele und Leib. Leipzig 1903), der selbst Anhänger dieser Lehre ist.

physikalisch war das ein ungeheurer Fortschritt, physiologisch klappt da eine Lücke, die noch heute beim Anfängerunterricht Schwierigkeiten macht. Denn der natürliche Menschenverstand sagt uns ja unmittelbar, daß kalt und warm eben Gegensätze sind und nicht verschiedene Stufen einer und derselben Skala.

Lassen wir die geschichtliche Entwicklung unserer Kenntnisse beiseite, deren Darlegung in diesem Falle bloß den Zusammenhang unnütz komplizieren würde, so können wir heute mit ziemlicher Sicherheit sagen, daß die Empfindungen kalt und warm durch die Reizung zweier verschiedener Nervenarten vermittelt werden. Liegt die Temperatur der Haut über einem im übrigen sehr variablen „Indifferenzpunkt“ (physiologischer Nullpunkt von *Hering*), so werden die Wärmernerven, liegt sie unter dem Indifferenzpunkt, so werden die Kälternerven gereizt. Dadurch wird zunächst der Qualitätsunterschied zwischen der Wärme- und der Kälteempfindung gegenüber der rein quantitativen Skala des Physikers begreiflich. Unerklärt ist aber noch immer der uns doch offenkundige Gegensatz zwischen kalt und warm, mit seinen physiologischen Folgen, der Anpassung an verschiedene Wärmegrade und dem Kontrast.

Hier setzen nun *Herings* Überlegungen ein, und zwar führt er diesen Gegensatz auf die Grundtatsachen des Stoffwechsels zurück. Er nimmt an, daß sich in der psychophysischen Substanz ebenso wie in jeder anderen lebenden Substanz ein fortwährender Wechsel der sie zusammensetzenden Bestandteile vollzieht. In jedem kleinsten Teilchen der lebenden Substanz geht fortwährend ein Abbauprozess vor sich — *Hering* (1) nannte das *Dissimilierung* — und gleichzeitig wird fortwährend zum Ersatz neue lebende Substanz aus unbelebtem Stoff aufgebaut, es erfolgt eine sogenannte *Assimilierung*. Assimilierung und Dissimilierung sind einander entgegengesetzte Prozesse, und da sie sich gleichzeitig nebeneinander in jedem Teile der lebenden Substanz abspielen, ist diese in einem fortwährenden Fluß befindlich, wobei sich Abbau und Ersatz gegenseitig das Gleichgewicht halten. Überwiegt infolge eines Anstoßes von außen, den wir als Reiz bezeichnen, der Abbau über den Ersatz, so nennen wir den Vorgang eine Erregung. Durch den verstärkten Abbau ist aber dann das frühere Gleichgewicht gestört, die lebende Substanz ist verändert, „unterwertig“ geworden, sie trachtet nach der Reizung, von selbst durch verstärkten Aufbau wieder in ihr früheres Gleichgewicht zurückzukehren, und dieser Vorgang kann durch einen dem ersten entgegengesetzt wirkenden Reiz beschleunigt werden. Umgekehrt wird eine Substanz, die durch einen Anstoß von außen vorher zu verstärktem Aufbau angeregt worden war und die dadurch überwertig geworden ist, nachher die Neigung besitzen, entweder von selbst oder ganz besonders leicht auf äußere Reize hin zu verstärkter Zersetzung über-

zugehen. Nehmen wir nun in unserem Falle an, der Kältereiz bewirke in der zentralen psychophysischen Substanz eine Verstärkung des Abbaus, der Wärmereiz hingegen eine Verstärkung des Aufbaus, dann haben wir alles, was wir brauchen, um die Gegensätzlichkeit von Wärme- und Kälteempfindung, den Kontrast und die Adaptationserscheinungen zu erklären. Entwickelt hat *Hering* diese Anschauungen zuerst am Farbensinn und sie erst später auf den Temperatursinn übertragen¹⁾. Ich wähle im Gegensatz dazu gerade den Temperatursinn wegen der größeren Übersichtlichkeit und weil sich an ihm ganz unmittelbar die eigentliche Hauptbedeutung der *Heringschen* Lehre klar machen läßt. Diese erblicke ich in der scharfen begrifflichen Scheidung von äußerem Reiz, Nervenenergie und dem von der Nervenenergie ausgelösten zentralen psychophysischen Prozeß, dessen Verlauf in Übereinstimmung gebracht werden muß mit dem Ablauf der bewußten Empfindungen, ferner in der reinlichen Abtrennung der psychophysischen Vorgänge von jenen Nervenenergien, denen kein psychisches Korrelat entspricht, und damit in der Ablehnung der unbewußten Empfindungen und des „Sideroxylons der unbewußten Schlüsse“.

Umstrittener ist die Frage, ob die spezielle Stoffwechselhypothese *Herings* die wirklichen Vorgänge in der psychophysischen Substanz richtig wiedergibt²⁾. Unbestreitbar ist, daß diese geniale Konzeption es ermöglicht, ebenso die Grundtatsachen des Temperatursinns wie die wichtigsten Erscheinungen des Farbensinns in der einfachsten und verständlichsten Weise zu erklären. Ja, sie führt noch weiter. *E. v. Brücke* hat darauf hingewiesen (2), daß die elementaren psychischen Reihen, in die *Richard Avenarius* alles psychische Geschehen zu zerlegen sucht, ihr volles Analogon in der absteigenden und aufsteigenden Änderung der psychophysischen Substanz finden, wie sie *Hering* als Grundschema angenommen hat. Immerhin aber trifft man mit diesem Vergleich doch nur die Gefühlsbetonung der psychischen Vorgänge, etwa des Erwartens und seiner Befriedigung, des Widerspruchs und seiner Lösung u. ä., der mannigfache *Inhalt*, auf den diese Prozesse gerichtet sind, wird dadurch noch nicht berührt. Und gerade aus diesen Beispielen erhebt sich dann die schwerwiegende Frage, können wir denn überhaupt durch die Annahme solcher relativ grober Stoffwechselprozesse das schillernde und flirrende Spiel der Gedanken nachzuahmen hoffen? Die Frage geht an die

Grundwurzel des psychophysischen Parallelismus. Wollen wir mit ihm Ernst machen, so muß es wenigstens denkbar sein, daß dies möglich ist, wenn wir auch die volle Durchführung des Gedankens im einzelnen vorläufig noch zurückstellen.

Da haben sich nun bis in die letzte Zeit hinein Anschauungen über die Vorgänge im Zentralnervensystem gehalten, von denen man sich weitgehende Aufklärungen über psychische Vorgänge versprach, die aber in voller Konsequenz bis zu Ende gedacht zu nichts anderem führen konnten und tatsächlich auch bei manchen geführt haben, als zum Aufgeben der Lehre vom psychophysischen Parallelismus als einer völlig ungenügenden Hypothese. Der Hauptfehler dieser Ansichten und der Grund für ihre Unzulänglichkeit ist die übermäßige Betonung des Leitungsvorganges im Nerven. Diese nahm ihren Ausgang von der einst so verlockenden Anschauung, daß die Erregungsleitung in den Nerven nichts anderes sei als ein in ihnen sich fortpflanzender elektrischer Strom. Die daraus sich ergebende Auffassung, daß die Nervenfasern indifferente Leitungskabel seien für im übrigen ganz gleichartige Erregungen, daß man sie also wie Leitungsdrähte von einem Orte an den anderen verlegt denken könnte, ohne daß sich an der Nervenleitung irgend etwas ändern würde, ist ungemein verbreitet. Unterschiede in der Leistung der einzelnen Nerven waren natürlich bekannt und unbestritten, zu ihnen gehörten insbesondere die von *Johannes Müller* sogenannten „spezifischen Energien“ der Sinnesnerven, d. h. die Fähigkeit eines jeden Sinnesnerven, bei seiner Reizung Empfindungen nur einer Modalität hervorzurufen. So reagiert das Auge auf den natürlichen Lichtreiz, aber ebenso auch auf mechanische oder elektrische Reizung immer nur mit einer Lichtempfindung, während bei den Geschmacksnerven die chemischen Reize oder in ihrem Verlauf auf sie einwirkende mechanische oder elektrische Reize stets einen Geschmack auslösen. Um dies mit der Kabeltheorie in Einklang zu bringen, mußte man annehmen, daß zwar nicht die indifferenten Nervenfasern, wohl aber die mit ihnen in Verbindung stehenden Ganglienzellen und Zentren spezifisch verschiedener Erregungen fähig seien.

Die spezifische Energie war so auf die aus Ganglienzellen zusammengesetzten Zentren zurückgeschoben, und die Ganglienzellen mußten demnach bei dieser Auffassung der Sachlage einen ganz besonderen Rang innerhalb des Nervensystems einnehmen. Freilich wurden zum großen Erstaunen für die Anhänger dieser Meinung bald Tatsachen bekannt, welche die Annahmestellung der Ganglienzellen gegenüber den Nervenfasern wesentlich erschütterten. So ist es z. B. ziemlich wahrscheinlich, daß der Leitungsvorgang in den Ausläufern der Ganglienzellen, den Nervenfasern, an den Zellen vorbei-

¹⁾ Die Teilung der Temperaturnerven in Wärme- und Kältenerven, die erst neuerdings bewiesen wurde, hat *Hering* noch nicht berücksichtigen können.

²⁾ Der wichtigste Einwand gegen die *Heringsche* Theorie rührt von *Kanitz* her (*Oppenheimers Handbuch der Biochemie* 2, (1), 224). Wie er zu entkräften ist, habe ich an anderem Ort (*Münchener med. Woch.* 1918, S. 539) zu zeigen versucht. Übrigens trifft er gerade die Vorgänge in den Nervenzentren am wenigsten.

gehen kann, ohne daß sich am Erfolg etwas Wesentliches ändert, und es war dann nur eine konsequente Weiterführung der alten Leitungstheorie, wenn man nun auch die Ganglienzellen sozusagen ihres Nimbus entkleidete: Das ganze Nervensystem löste sich in ein Netz von Neurofibrillen auf, welche in den Nervenfasern parallel nebeneinander gelagert waren, in den Ganglienzellen aber zu äußerst verwickelten Netzen mit den mannigfaltigsten Verbindungen untereinander zusammentrafen. In diesem ungeheuren Gewirr von Verbindungen können sich die an verschiedenen Stellen gesetzten Erregungen nach allen Seiten hin ausbreiten und dabei in der mannigfachsten Weise zueinander in Beziehung treten. Lediglich in dieser Mannigfaltigkeit der quantitativen und örtlichen Ausbreitung und Verbindung der im übrigen untereinander durchaus gleichen Erregungsprozesse suchte man nun die Grundlage für alle die verwickelten psychophysischen Prozesse, die wir als den geistigen Vorgängen parallel gehend annehmen. Eine von *Erner* geschickt formulierte Lehre von der „Bahnung“ gab die Erklärung dafür, wieso es kommt, daß eine Erregung, die wiederholt durch eine Leitungsbahn hindurchgeflossen ist, bei der jedesmaligen Wiederholung die Bahn immer leichter und leichter durchgängig macht, so daß später der geringste Anstoß genügt, um auf motorischem Gebiet eine komplizierte Handlung, auf sensorischem Gebiet die Reproduktion ausgedehnter Erinnerungskomplexe auszulösen. Dadurch schienen auch die physiologischen Grundlagen der motorischen Übung auf der einen, der Assoziationsbildung und des Gedächtnisses auf der anderen Seite einer mechanischen Erklärung zugänglich geworden zu sein. Dazu kamen pathologische Beobachtungen an Hirnverletzten, die nach der Zerstörung gewisser Rindenbezirke einen Ausfall der Erinnerung etwa an Worte oder an das Aussehen von Gegenständen oder an der Fähigkeit, Dinge durch Betasten zu erkennen, aufzeigten. Man mußte also annehmen, daß das Wortgedächtnis, das Erinnerungsvermögen an früher gesehene Gegenstände usw. in bestimmten Stellen der Großhirnrinde lokalisiert ist, nach deren Zerstörung auch die dort niedergelegten Erinnerungsbilder vernichtet sind, und man braucht sich nicht zu wundern, wenn sich viele die Erinnerungsbilder in den Zellen der betreffenden Hirnrindenbezirke so deponiert dachten, wie man seine Sachen hübsch geordnet in Schubladen unterbringt.

So schien alles, wenigstens im Schema, in schönster Ordnung und lediglich sekundärer, genauerer Ausarbeitung bedürftig, als sich zunehmend mehr Stimmen der Kritik hören ließen. Ganz ausdrücklich mit der Bahnungshypothese setzten sich insbesondere *v. Kries* (3) und *Becher* (4) auseinander, und der letztere ging in der Ablehnung schließlich so weit, daß er an die Stelle des psychophysischen Parallelismus eine

„psychistische“ Theorie der Assoziation und des Gedächtnisses setzte (4 a).

Es sei mir gestattet, zwei der sinnfälligsten Einwände gegen die Erklärung der Assoziation und des Gedächtnisses durch Deposition von unter sich gleichartigen Erinnerungsspuren anzuführen. Gesetzt den Fall, das Erinnerungsbild eines Gegenstandes sei wirklich als materielle Spur in einer Zelle des Gehirns deponiert, und diese Zelle werde danach von anderen häufig wiederkehrenden Erregungen getroffen, die wieder eine neue Spur bilden, und dieser Vorgang wiederhole sich dann immer wieder von neuem, dann müßten sich die verschiedenen Spuren doch gegenseitig bis zur Unkenntlichkeit überdecken, wie die Bilder auf einer lichtempfindlichen Platte, auf die immer wieder neue Aufnahmen gemacht werden. Vor allem aber, wie sollte die Mannigfaltigkeit des geistigen Erlebens zustande kommen, wenn ihr immer nur ein einziger, wenn auch quantitativ mehr oder weniger ausgebreiteter Erregungsvorgang zugrunde läge? Sind wir nun wirklich genötigt, angesichts des Versagens der landläufigen Anschauung von der Gleichartigkeit des Nervenprozesses auch die Grundlehre des psychophysischen Parallelismus aufzugeben? Das ist keineswegs der Fall, weil eben die landläufige Anschauung nicht die einzig mögliche, ja nicht einmal die wahrscheinlichste war.

Hering (5) hat sich bei verschiedenen Anlässen immer dagegen verwahrt, daß man ohne jeden Grund eine Gleichartigkeit des Nervenprozesses in den verschiedenen Teilen des Nervensystems annimmt und damit den Nervenzellen rundweg Eigenschaften abspricht, die anderen Zellarten notwendig zugestanden werden müssen.

Die niedersten Pflanzen und Tiere bestehen bloß aus einer einzigen Zelle, die sich bei den frei im Wasser schwimmenden Arten mit Hilfe von Geißeln oder Wimpern, die bei den verschiedenen Spezies verschiedene Form und Zahl haben, fortbewegt, Nahrung aufnimmt usw. Reizt man ein solches frei lebendes Infusorium an einer Stelle der Körperoberfläche, so können je nach der gereizten Stelle und nach der Art des Reizes verschiedene Reaktionen auftreten, die aber alle durchaus den Charakter des zweckmäßigen, geordneten Zusammenwirkens der elementaren Zellorganoide zur Erreichung eines bestimmten Zieles besitzen: Bei *Paramecium* schlagen beispielsweise die Wimpern auf starke Reizung des Peristoms hin so, daß durch ihr Zusammenspiel eine plötzliche ruckweise Beschleunigung des Schwimmens zustandekommt, auf schwache Reize hingegen reagiert das Tier durch ein Zusammenzucken ohne Ortsveränderung bzw. durch eine geringe, eben noch wahrnehmbare Rückwärtsbewegung (6). Trifft der Reiz das Vorderende des Tieres, so „stutzt“ es oder es fährt plötzlich etwas zurück und schwimmt dann wieder in spitzem

Winkel zur früheren Richtung fort. Bei anderen Formen arbeiten eine Art von Laufwimpern in geordneter Weise nacheinander, wie die Beine bei den höheren Tieren, oder es gesellt sich bei noch anderen zur Wimperbewegung noch eine Verkürzung von Muskelfibrillen.

Analysieren wir diese Bewegungsformen der Einzelligen genauer, so handelt es sich um dieselben Erscheinungen, die wir auch bei den höheren Tieren und bei uns vorfinden und als Koordinationen bezeichnen. Bei uns wird die Koordination durch das Zentralnervensystem bewirkt, welches die einzelnen Muskeln miteinander und nacheinander zum geordneten Zusammenspiel veranlaßt. Beim einzelligen Lebewesen haben wir aber als anatomische Unterlage nur das Protoplasma der einen Zelle vor uns. Selbst wenn wir neurofibrillenartige Organoide in ihr nachweisen sollten, wäre damit für das Verständnis nichts gewonnen. Denn das Plasma der Einzelligen ist ja überdies nicht bloß einer einzigen Erregungsart fähig, sondern es vermag, je nach dem Ort und dem Charakter der Reizung, jedesmal verschiedenartige, aber immer wieder koordinierte Bewegungen zu vermitteln. Wollen wir uns über das Zustandekommen dieser Koordinationen ein Bild machen, so dürfen wir am ehesten die Vermutung wagen, daß es sich jedesmal um andere, unter sich verschiedenartige Stoffwechselvorgänge in der Zelle handeln könnte. Und dazu kommt noch ein weiteres: Aus Beobachtungen von *Jennings* (7) und von *Buytendijk* (8) geht hervor, daß einzellige Lebewesen (*Stentor*, *Paramecium*) bei wiederholter Reizung oder unter geänderten Verhältnissen ihre Bewegungen auch zweckmäßig abzuändern vermögen, daß sie also einer gewissen Anpassung fähig und demnach mindestens mit einer kurzdauernden Spur von Gedächtnis begabt sind.

Hier treffen wir uns nun wieder mit Gedanken, die *Hering* schon vor langem ausgesprochen hat: Im Infusor sind alle diese Fähigkeiten in einer einzigen Zelle vereint, ähnlich wie in der einen Eizelle sämtliche Zellfunktionen noch miteinander vereinigt sind. Mit der Teilung und zunehmenden Vermehrung der Zellen bei der Entwicklung des Eies werden aber die einzelnen Zellen immer mehr für bestimmte Arbeitsleistungen spezialisiert, es tritt das auf, was man als die Arbeitsteilung im Organismus bezeichnet. Der Bewegung dienen jetzt die Muskeln, sie werden aber zur Verkürzung veranlaßt durch das Zentralnervensystem. Diesem sind jetzt die Leistungen der Koordination, der zweckmäßigen Abänderung der Muskelkontraktion je nach der Art ihrer Verwendung und die Funktion des Gedächtnisses übertragen. Aber auch innerhalb des Zentralnervensystems sind die Zellen nicht alle gleichartig. So sind sie im Rückenmark und in den niederen Hirnzentren offenbar soweit für bestimmte Einzelleistungen differenziert, daß wir hier größere Änderungen ihrer

Tätigkeit nicht mehr annehmen dürfen. In der Tat sind Erscheinungen des Gedächtnisses am Rückenmark bisher, soviel ich weiß, vergeblich gesucht worden. Zu je höheren Zentren wir aber fortschreiten, desto modulationsfähiger werden die Verrichtungen, desto mehr Beispiele von Übung und Gedächtnis lernen wir kennen, desto weniger ist also, wie wir daraus schließen, die Zellfunktion zu einer einzigen unveränderlichen Leistung erstarrt. Vielmehr müssen wir annehmen, daß in diesen höchsten Zentren, d. h. also in den Teilen des Gehirns, die von *Edinger* als das Neencephalon dem phylogenetisch älteren Paläencephalon gegenübergestellt worden sind, die Zellfunktion nicht bloß je nach der Zellart variiert, sondern daß sie auch in jeder einzelnen Zelle je nach den vorhergehenden Erlebnissen derselben sich ändern kann und dadurch ein von Zelle zu Zelle wechselndes individuelles Gepräge erhält, soweit dies nicht schon von vorneherein vorhanden war. Endlich steht im Hinblick auf die Verhältnisse bei den Einzelligen auch nichts im Wege anzunehmen, daß auch im Gehirn eine und dieselbe Zelle je nach der Art der ihr zugeleiteten Reize zu mehrfach verschiedenen Erregungsarten befähigt ist.

Auf Grund dieser Anschauung, welche an die Stelle des überall gleichartigen Leitungsvorganges die individuell verschiedene und variable Tätigkeit der Nervenzellen setzt, kann man nun in der Tat einigermaßen begreifen, wie die Mannigfaltigkeit des psychischen Geschehens eine Parallele finden könnte in einer ganz analogen Mannigfaltigkeit physischer Vorgänge im Gehirn, ohne daß man in die von *Becher* gerügten Fehler verfällt. So wird es z. B. leicht verständlich, warum dieselben Zellen des Gehirns nicht bloß eine, sondern mehrere Gedächtnisspuren nacheinander in sich aufnehmen können. Die Gedächtnisspuren verwandeln sich nämlich im Licht der neuen Erkenntnis in die Bereitschaft der Nervenzellen zu einer bestimmten Erregungsart, und es ist nicht abzusehen, warum die Zelle nicht die eine, wie die andere nacheinander erwerben könnte, da doch auch in der einen Infusorienzelle die Fähigkeit zu verschiedenen Erregungsarten nebeneinander besteht.

Eines allerdings ist richtig. Wie die allzu materielle Auffassung der Gedächtnisspur, so wird man auch sonst noch manches Vorurteil aus früheren Schulmeinungen aufgeben müssen. Es ist ganz begreiflich, daß man bei der Anwendung der eben angedeuteten allgemeinen Gesichtspunkte auf spezielle psychophysische Vorgänge sich zunächst an die am besten studierten Sinnesempfindungen halten wird, weil sie die einfachsten Verhältnisse zu bieten scheinen. Aber ganz so einfach, wie man früher wohl glaubte, darf man sich auch die scheinbar elementarsten Vorgänge bei der Sinnesempfindung nicht vorstellen. So galt es früher als feststehend, daß mit einem bestimmten äußeren Reiz auch eine bestimmte

Sinnesempfindung fest verknüpft sei. Höchstens könnte diese „reine einfache Empfindung“ sekundär durch Erfahrungsurteile noch etwas abgeändert werden. So meinte man, daß mit dem Licht einer bestimmten Wellenlänge auch der Farbenton dieses Lichts gegeben sei, und die Erscheinungen des simultanen Kontrastes, welche zum Teil, wie die farbigen Schatten, auch Laien vertraut sind, sollten auf bloßen Urteilstäuschungen beruhen. Von dieser Lehrmeinung sind wir heute weit entfernt. Wir wissen, daß schon bei der einfachsten Sinnesempfindung die Gesamtheit unserer früheren Erfahrungen, die gleichzeitigen Eindrücke von demselben und von anderen Sinnesorganen her mitbestimmend wirken und sie unter Umständen ganz weitgehend abzuändern vermögen. Die Reaktion der psychophysischen Substanz ist also nicht bloß abhängig vom äußeren Reiz, sondern auch vom Zustand der Nervenzentren selbst, ihrer „Stimmung“ (9). Beispiele dafür lassen sich häufen. Speziell beim Simultankontrast hat *Hering* auch experimentell dartun können, daß er seinem Wesen nach nicht auf einem sekundären Urteil beruht, sondern auf einem physiologischen Vorgang in den Sehzentren, den er als die Wechselwirkung der Sehfeldstellen bezeichnete.

Aus der Lehre von der Individualität der Nervenzellen hatte *Hering* noch eine andere Folgerung gezogen, die wir ebenfalls mit Vorteil für unsere Zwecke verwenden können. Betrachten wir den Aufbau des Zentralnervensystems von der anatomischen Seite, so finden wir, daß an jede einzelne sensible Nervenfasern, die ins Zentralnervensystem eintritt, eine so große Zahl von Leitungswegen angeschlossen ist, daß wir anatomisch eine fast unbegrenzte Ausbreitungsmöglichkeit der Erregung von jeder einzelnen sensiblen Nervenfasern aus annehmen müssen. Physiologisch aber sehen wir, daß die Erregung, beispielsweise bei den geordneten Reflexen, nur auf ganz bestimmte Bahnen weitergeleitet wird, nur auf solche, wie man früher meinte, die einen geringeren Widerstand bieten und daher besonders leicht durchlässig oder die durch öftere Wiederholung gebahnt seien. Worin soll aber der geringere Widerstand bestehen? Da hat *Goldscheider* (10) darauf hingewiesen, daß beim Übergang der Erregung von dem einen Neuron auf den folgenden die Reizbarkeit des Anschlußneurons zu berücksichtigen ist. Es kann also sein, daß eine schwache Erregung nur auf besonders leicht erregbare Neurone übergeht, auf andere schwerer erregbare nicht. Dies würde in der Tat ganz gut erklären, warum eine bestimmte Erregung, solange sie schwach ist, nur auf die leichter erregbaren „gebahnten“ Neurone überfließen kann, auf die nicht gebahnten dagegen nicht. Wie steht es aber, wenn die Erregung stärker wird? Und wie kam es denn bei der Bahnung selbst dazu, daß die Erregung gerade in diese Bahn hineingeleitet wurde und nicht gleich-

zeitig auch in alle übrigen, die natürlich dann mitgebahnt worden wären? Auch hier hat *Hering* eine andere viel plausiblere Erklärung gegeben. Er nimmt an, daß die Erregung immer nur auf jene Anschlußneurone übertragen wird, die eine besondere Eignung für die ihnen zugeleitete Erregungsform haben, so wie beispielsweise ein Gerücht vorzüglich von jenen Personen weitergegeben wird, die ein besonderes Interesse für seinen Inhalt haben.

Was aber bei den Reflexen bloße Hypothese ist, das ist in unserem Falle, ich möchte beinahe sagen, aufzeigbare Wirklichkeit. Lenken wir plötzlich unsere Aufmerksamkeit auf einen Körperteil, an den wir vorher nicht gedacht haben, etwa auf den rechten Fuß, so dringen die Nervenenerregungen, die vom rechten Fuß ausgehen, und die auch vorher schon vorhanden waren, nur nicht bewußt wurden, auf einmal bis zum Bewußtsein vor. Anatomisch genommen zerfällt die sensible Leitungsbahn vom Fuß bis zum Gehirn in eine Reihe hintereinander geschalteter Einzelteile, die aus je einer Nervenzelle und Nervenfasern bestehen, und die wir als Neurone bezeichnen. Ganz am Ende der Reihe denken wir uns jene nervösen Teile, deren Erregungen unseren Bewußtseinsvorgängen korrespondieren, die psychophysische Substanz. Nicht allzu aufdringliche Nervenenerregungen brauchen also, wie wir aus unserer Selbstbesinnung unmittelbar erkennen, nicht bis in die psychophysische Substanz hinein fortgeleitet zu werden, wohl aber kann ein Vorgang, der sich uns psychisch als Aufmerksamkeit darstellt, das Eindringen der vorher schon vorhandenen Nervenenerregungen in die psychophysische Substanz herbeiführen. Zu diesem Behufe müssen also die Neurone der psychophysischen Region aufnahmefähig gemacht werden für die von den vorgeschalteten Neuronen her zugeleiteten Erregungen, was sich physiologisch als eine Änderung ihrer Stimmung durch den Einfluß anderer Teile des Gehirns durchaus verstehen läßt.

So haben wir ganz ungezwungen einen der merkwürdigsten Zusammenhänge, der gerade von der psychischen Seite her schwer zu fassen ist, auf physiologischem Wege dem Verständnis näher gerückt. Ich glaube aber, daß sich die oben kurz skizzierten allgemeinen Grundlagen noch nach einer anderen Richtung hin ausbauen lassen, die sich eng berührt mit den Gedankengängen der jüngsten Richtung in der Psychologie, welche in der Lehre von der Gestaltwahrnehmung und der Ablehnung der bisherigen „atomistischen“ Betrachtungsweise der psychischen Vorgänge gipfelt (11).

In unserem Bewußtsein treten die Sinnesempfindungen nicht isoliert auf, sondern sie sind von vornherein miteinander verbunden zu einheitlichen Komplexen, die von der neueren Psychologie als „Gestalten“ bezeichnet werden. Blicken wir etwa auf eine Wand mit Bildern, so fassen

wir mit einem Schlage die dort befindlichen Bilder als einheitliche Gestalten auf, und in unserem Bewußtsein ist nichts davon zu merken, daß wir etwa zunächst die Rahmen des Bildes, die Fläche und die einzelnen Farben des Gemäldes isoliert wahrnehmen und sie erst hinterher zum einheitlichen Gesamtkomplex des Bildes zusammenfassen. Vielmehr tritt gerade umgekehrt zuerst das Gesamtbild als solches ins Bewußtsein ein, und erst wenn man es genauer betrachtet, wenn man die Aufmerksamkeit der einen oder anderen Einzelheit zuwendet, dann erst werden auch diese vollbewußt. Bei einem durch eine glückliche Operation sehend gewordenen Blindgeborenen ist das in der ersten Zeit des Sehens ganz anders. Der sieht zwar auch alle Einzelheiten, aber er versteht das Gesehene nicht. Für ihn wäre die Wand mit den Gemälden ein zusammenhangloses Nebeneinander von Formen und Farben. Es muß erst noch das Verständnis, der „Sinn“ des Gesehenen hinzukommen, erst wenn dieser erworben ist, hat auch der operierte Blindgeborene denselben unmittelbaren Eindruck der „Gestalt“ wie wir. Die Gestaltwahrnehmung beschränkt sich aber nicht allein auf das Sehen. Auch beim Hören fassen wir nicht die einzelnen Buchstaben eines Wortes isoliert auf und verbinden sie erst nachträglich miteinander, sondern wir erfassen sogleich den ganzen Wortklang auf einmal, oder wir fassen in der Musik eine Folge von Klängen als Melodie zusammen. Auch das Erkennen von Gegenständen durch Betasten, das von den Klinikern als „stereognostischer Sinn“ bezeichnet wird, ist ebenfalls Gestaltwahrnehmung. Die Vereinheitlichung der Eindrücke mehrerer Sinne durch die Gestaltwahrnehmung wird am deutlichsten beim Geruchs- und Geschmackssinn. Das, was der Laie den Geschmack einer Speise nennt, ist eine einheitliche Kombination von Geruchs- und Geschmacksempfindungen, zu denen noch die Empfindungen hinzukommen, die durch die Reizung der Tast- und Temperaturnerven der Mundschleimhaut ausgelöst werden. Das Ganze imponiert als der einheitliche „Geschmack“ einer Speise, enthält also außerdem noch den Hinweis auf andere Erfahrungskomplexe.

Die Fähigkeit oder „Anlage“ zur Gestaltwahrnehmung ist natürlich angeboren, die Kenntnis der einzelnen Gestalten ist aber, wie es sich von selbst versteht und wie es überdies die Beobachtungen an operierten Blindgeborenen unmittelbar ergeben, im Einzelleben durch die Erfahrung erworben. Auf dem Wege der Gestaltwahrnehmung wirkt aber die Erfahrung nicht bloß ordnend, sondern auch modifizierend auf die Sinnesindrücke ein. Das wird uns besonders deutlich, wenn die einzelnen Sinnesindrücke derart miteinander kombiniert werden, daß daraus eine mit den wirklichen Verhältnissen nicht übereinstimmende Gestaltwahrnehmung hervorgeht. Zahlreiche sogenannte Sinnestäuschungen beruhen auf diesem Grunde, so eine

überaus große Zahl optischer Täuschungen (12), aber auch die Täuschung von *Aristoteles*¹⁾, die „paradoxe Widerstandsempfindung“²⁾ und Ähnliches mehr. Gerade an diesen Täuschungen wird es nun ganz offenkundig, daß die einmal erworbene Wahrnehmung einer Gestalt nicht jedesmal von neuem im Bewußtsein produziert wird, sondern daß sie sich dem ausgebildeten Bewußtsein von vorneherein als etwas Fertiges darbietet, denn sonst würden wir uns ja dann, wenn wir die „Täuschung“ durchschauen, nicht mehr täuschen lassen³⁾. Daraus folgt also, daß, physiologisch genommen, die Nervenregungen schon vorbewußt so geordnet sein müssen, daß sie ins Bewußtsein sogleich in der richtigen Zusammengehörigkeit der „Gestalt“ eintreten. Da diese Ordnung aber unter der Mitwirkung des Bewußtseins erworben worden ist, so folgt ferner daraus, daß das Organ des Bewußtseins, die psychophysische Substanz, ihren Einfluß auch auf vorgeschaltete Neurone geltend machen kann. In der Tat finden wir nun in den höheren Sinnesleitungen überall Nervenfasern, die von den höheren Zentren zu den niederen absteigen, rückläufige Fasern, über deren Funktion man bisher keine begründete Vermutung aufstellen konnte. Eine solche ist aber wohl möglich, wenn wir in ihnen die Leitungsbahnen sehen, auf denen von den übergeordneten Zentren her die Erregungen in den niederen Zentren schon auf den rechten Weg geleitet und geordnet werden⁴⁾.

1) Die Täuschung von *Aristoteles* besteht darin, daß man Zeigefinger und Mittelfinger übereinanderschlägt und zwischen die Kuppen der beiden Finger eine kleine Kugel derart legt, daß sie gleichzeitig dem medialen Rand des Zeigefingers und dem lateralen des Mittelfingers anliegt. Man hat dann die Empfindung, daß man zwei Kugeln, mit jedem Finger eine andere, berührt. Zur Unterstützung des Eindruckes rolle man die Kugel etwas hin und her.

2) Man hängt ein Kilogrammgewicht an einem starken Bindfaden auf, faßt den Faden mit der Faust und senkt nun das Gewicht gegen den Boden. Sobald das Gewicht den Boden berührt, hat man, trotzdem die Hand dabei etwas entlastet wird, die Empfindung eines Widerstandes (*Goldscheider*, Arch. f. Physiol. 1893, S. 536).

3) Dagegen kann man allerdings das Zustandekommen der Täuschung dadurch begünstigen, daß man das Ergebnis in der Vorstellung sozusagen vorwegnimmt. So tritt bei mir die Täuschung von *Aristoteles* nur dann deutlich auf, wenn ich mir bei geschlossenen Augen die beiden Kugeln lebhaft vorstelle, und die paradoxe Widerstandsempfindung kann man sehr verstärken, wenn man absichtlich die Bewegung so ausführt, wie beim Aufstoßen eines Stockes auf den Boden. Ja, man kann sogar lernen, gewisse geometrisch-optische Täuschungen allmählich wieder zu unterdrücken, d. h. also die alteingewurzelte Auffassung durch einen Neuerwerb allmählich zu beseitigen (*Benussi* u. andere; vgl. meine Darstellung in: Raumsinn des Auges, S. 135 und 190). Einen analogen Einfluß der Übung auf den Versuch von *Aristoteles* beschreibt *Ewald* (Z. f. Sinnesphys., 44, S. 1).

4) Weiteres darüber in der Lehre vom Raumsinn, S. 150 ff. Die vorbewußten Organisationen, welche den Gestaltwahrnehmungen als Bereitschaft zu bestimmten Erregungskomplexen zugrunde liegen, sind im Gehirn an verschiedenen Stellen lokalisiert, können daher iso-

Die Auffassung, daß die Gestaltwahrnehmung auf einer unterbewußten physiologischen Ordnung der Nervenregungen beruht, beseitigt zunächst alle die Unklarheiten früherer Erklärungsversuche, in denen die Annahme unbewußter Schlüsse eine Rolle spielte. Sie führt ferner die Lehre von den Gestaltwahrnehmungen auf andere Erfahrungen zurück, die uns allen geläufig sind. Eine ganz analoge organisierende Einwirkung höherer auf ihnen untergeordnete Zentren findet nämlich auch auf motorischem Gebiete statt, wenn uns eine komplizierte Handlung durch öftere Wiederholung allmählich ganz geläufig wird. Hierbei wird eine zunächst unter voller Mitwirkung des Bewußtseins eingeübte Tätigkeit immer mehr und mehr von der Aufmerksamkeit losgelöst und in Gegenden, die unterhalb der psychophysischen Zone liegen, mechanisiert, so daß sie später ohne Zutun der Aufmerksamkeit reflexartig abläuft. So finden wir z. B. den komplizierten Weg nach Hause auch dann noch richtig, wenn wir die Umgebung gar nicht bewußt beachten. Ja wir erkennen die Mechanisierung in den unterbewußten Zentren am deutlichsten, wenn wir die Wohnung gewechselt haben und nun, in Gedanken nach Hause gehend, wieder vor der alten Wohnung stehen¹⁾.

Man sieht aus diesen Andeutungen, daß wir auf dem angegebenen Wege wirklich in vielen Fällen zu ganz einfachen, den beobachteten Tatsachen gut sich anschmiegenden Annahmen gelangen und so hoffen dürfen, eine wesentliche Stütze für die Durchführung des psychophysischen Parallelismus im einzelnen gefunden zu haben. Wenn ich aber diese Hoffnungen ausspreche, so kann es leicht sein, daß ich bei manchem -falsche Vorstellungen erwecke, die ich sogleich zerstreuen möchte. Nicht anders, wie ich heute spreche, so sprachen vor nicht allzu langer Zeit die Vertreter der Bahnhypothese. Ja, sie hielten es für der Mühe wert, ihre Ansicht bis ins Einzelne neurologisch und gedanklich zu entwickeln. Exners Versuch einer physiologischen Erklärung psychologischer Erscheinungen und Semons Mneme sind Zeugnisse davon. Freilich konnten diese Anschauungen nicht voll zum Ziele führen, denn sie waren, wie wir heute sagen können, zu einseitig gerichtet.

liert ausfallen. So kommt es nach der Zerstörung gewisser Teile der Hirnrinde zum Verlust des Erkennens von Gegenständen durch das Sehen, das Betasten usf. (siehe S. 168).

¹⁾ Diese Analogien, auf die ich schon a. a. O. (Raumsinn des Auges, S. 144 und 149) hingewiesen habe, liefern nun auch das Verständnis für den Einfluß der geistigen Einstellung auf die Auffassung eines dargebotenen Komplexes von Sinnesempfindungen, der in Ahm. 3 auf S. 171 kurz angedeutet wurde. Durch diese geistige Einstellung werden offenbar, je öfter sie sich wiederholt, um so leichter, unterbewußte Zentren entsprechend geschaltet, gerade so, wie wir durch die bloße Absicht, einen gewohnten Weg zu machen, uns schließlich ohne weiteres Zutun des Bewußtseins reflexmäßig von unseren Sinnesindrücken leiten lassen, etwa an der Straßenecke die richtige Wendung machen usf.

Und nun folgen wir jetzt einem neuen Erklärungsprinzip, das wir für das richtige halten. Ist es das aber auch wirklich? Wir vermuten das, und im Vertrauen darauf gehen wir an die Arbeit der Detailforschung. Erst diese wird uns zeigen, ob sich unsere Vermutungen bestätigen oder nicht. Natürlich ist es möglich, daß durch neue Forschungen und Überlegungen auch unser heutiger Standpunkt als unzureichend dargetan wird. Denn darüber müssen wir uns beim wissenschaftlichen Arbeiten stets klar sein, daß unser ganzes jetziges Meinen nur ein vorübergehendes Stadium ist im Werden der Wissenschaft, und daß jeder Fortschritt der Forschung, indem er neue Bahnen und Aussichten eröffnet, uns gleichzeitig immer wieder zwingt, auch die scheinbar feststehenden Grundlagen unseres Wissens aufs neue zu revidieren. Wir wollen uns daher davor hüten, Hypothesen, und seien sie noch so verlockend, zu überschätzen. Das aber müssen sie leisten: Sie sollen das, was wir heute kennen, in einfacher Weise zusammenfassen, und sie sollen uns Wegweiser sein zu weiterer Forschung. Ich glaube wohl, daß die von mir dargelegten Hypothesen diesen beiden Forderungen Genüge leisten.

Literatur.

1. Eine zusammenfassende Darstellung seiner Stoffwechseltheorie gab *Hering* in dem Vortrag: „Zur Theorie der Vorgänge in der lebenden Substanz“, Lotos 1888, Neudruck in „Fünf Reden E. Herings“, Leipzig. 1921.
2. *E. Th. v. Brücke*, Über die Grundlagen und Methoden der Großhirnphysiologie usf. Samml. anat. u. physiol. Vorträge, Jena 1914.
3. *J. v. Kries*, Über die materiellen Grundlagen der Bewußtseinserscheinungen. Programm d. Univ. Freiburg i. B. 1898.
4. *Becher*, Gehirn und Seele. Heidelberg 1911.
- 4a. *Becher*, Arch. f. d. ges. Psychologie, 35, S. 125.
5. Über die spezif. Energien usf. Zur Theorie der Nerventätigkeit, Leipzig 1899, Neudruck in „Fünf Reden“ usf. Vgl. Nr. 1.
6. Vgl. *Rösle*, Z. f. allg. Physiologie 2, 139, 1902.
7. *Jennings*, Contributions to the study of the behaviour of lower organisms, Washington 1904.
8. *Buytendijk*, Acquisition d'habitudes par les êtres unicellulaires. Arch. Néerland. de Physiol. 3, 455, 1919.
9. Vgl. insbes. *Hillebrand*, Z. f. Psychologie, 5, 4, 1893.
10. *Goldscheider*, Über die Neuronschwelle, Arch. f. Physiol. 1898, S. 148.
11. Zur Lehre von der Gestaltwahrnehmung vgl. man bes. *Koffka* (Z. f. Psychol. 73, 11, 1915) und *Linke* (Grundfragen der Wahrnehmungslehre, München 1918). Dort findet man auch die weitere umfangreiche Literatur angegeben.
12. Siehe darüber *F. B. Hofmann*, Die Lehre vom Raumsinn des Auges, 1. Teil, Berlin 1920.

Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin.

In der Sitzung vom 2. Februar 1921 sprach Herr *E. Haarmann* über einen Erklärungsversuch der Gebirgsbildung. Er ging davon aus, daß die Kontraktionstheorie, die man noch heute in manchen Lehrbüchern der allgemeinen Geologie zur Erklärung der Gebirgsbildung angeführt finde, als unzureichend abzulehnen sei. Als Hauptbeweis dagegen wurde

angeführt: Gegenüber dem gewaltigen Druck, der bei dem angenommenen Zusammenschrumpfen der Erdrinde auf die Gesteine der Rinde ausgeübt würde, ist die durch Versuch bestimmte Druckfestigkeit der Gesteine so geringfügig, daß diese vollkommen zertrümmert werden würden, ehe überhaupt eine Gebirgsbildung statthaben könnte. Auch die Erklärung der Gebirgsbildung durch isostatische Vorgänge wird abgelehnt. Zwar sprechen die bekannten Schwereanomalien in der Erdkruste sowie die heute sichergestellte Kenntnis tatsächlicher Hebungen, die *Suess* noch ablehnte, für diese Anschauung; indes gibt es auch gewichtige Gegen Gründe. So setzt diese Theorie die Konstanz der Kontinente voraus und vermag auch großräumliche Hebungen und Senkungen über weite Gebiete hin, die von einer horizontalen Massenverlagerung unabhängig sind, nicht zu erklären, ebensowenig z. B. die Entstehung von Tiefseegräben in Gebieten schwacher Sedimentation weitab von Festländern.

Der Redner stellt den genannten Hypothesen seine Oszillationshypothese entgegen. Daß Oszillationen — senkrechte Auf- und Abbewegungen — in der Erdrinde vorkommen, lehrt schon die jüngste geologische Geschichte z. B. der Ostsee seit der Diluvialzeit, es sprechen dafür allgemein-geologische Beobachtungen über Fazieswechsel, Diskordanzen und dergl. Als Ursachen dieser Hebungen und Senkungen kommen Vorgänge endogener Natur in Betracht, wie sie die Moellersche Theorie darstellt. Danach erfolgt die Wärmeabgabe vom Wärmeherd des Erdinnern an das Weltall durch verschiedene Stellen der Erdrinde in verschiedenem Maße, entsprechend der wechselnden Beschaffenheit und Struktur der festen Rinde. Verschiedenheit des Stoffes und damit Verschiedenheit der Dichte bedingen auch Verschiedenheiten in den thermischen Verhältnissen der einzelnen „Säulen“ der Rinde und umgekehrt. Solche Unterschiede müssen sich in einer wechselweise erfolgenden Hebung und Senkung der verschiedenen „Säulen“ ausprägen. Bei der plastischen Natur des Erdinnern ist der Zusammenhang solcher Hebungen und Senkungen z. B. mit den Polschwankungen gegeben, die danach ihre Ursache in Massenverlagerungen im Erdinnern haben. Gerade den umgekehrten Weg gehen die vom Redner übrigens abgelehnten Erklärungsversuche, die kosmische Ursachen für die Polschwankungen und damit für die Massenverlagerungen in der Erde sowie für Hebungen und Senkungen verantwortlich machen. So sollen Störungen des magnetischen Feldes der Erde durch Einflüsse der Sonne Polschwankungen im Gefolge haben.

Bei geringerer Heraushebung einer solchen „Säule“ kann lediglich eine gleichmäßige Schrägstellung der Schichten die Folge sein. Bei stärkerer Emporwölbung kann ein Abgleiten der Schichten von dem gehobenen Teil erfolgen, was zur Bildung von Faltengebirgen führt. Aus dieser Vorstellung erklären sich eine Reihe von Beobachtungen, die nach den älteren Theorien schwer verständlich blieben. So einmal die Bogenform vieler Faltengebirge; von einem rückenartigen, gehobenen Rindenteil müssen die Schichten bogenförmig abgleiten. Ferner erklärt sich die Einseitigkeit im Bau vieler Faltengebirge, die namentlich die Kontraktionstheorie schwer zu erklären vermag, sehr leicht durch einseitiges Abrutschen, ebenso wie auch der seltenere Fall des symmetrischen Baues ohne weiteres verständlich wird. Es erklärt sich ferner die Beobachtung, daß im Anschluß an die Faltung mit Vorliebe im Rücken der Faltungsbögen vulkanische Gesteine

emporgedrungen sind, da dort durch Zerrung geöffnete Spalten dem Magma den Weg wiesen. Auch die Schwereanomalien (z. B. in der Lombardei +, in den Alpen —) finden nunmehr durch den Stoffverlust in dem gehobenen Teil ihre Erklärung, während die sinkende Scholle infolge der Sedimentation schwerer wird.

Bei den Schollengebirgen erfolgen geringere Schiefstellung und Zusammenschub, weil die Hebung bzw. Senkung geringfügiger ist. Aber auch hier findet eine Dehnung in den höheren Teilen, eine Stauung in den tieferen statt.

Durch differentielle Hebung und Senkung entstanden die Tiefseegräben und z. B. die pfropfenartige Heraushebung des Harzes, der Ibbenbürener Bergplatte u. a. Bei der Erörterung des Harzes als Beispiel wird insbesondere jeder seitlich wirkende Druck gelehnet und die Entstehung des Harzes durch lakolithische Auftreibung angenommen.

Als zweiter Redner sprach Herr *E. Zimmermann* I über: *Die Stöcke und Gänge von Porphyry im Waldenburger und Boberkatzbachgebirge Niederschlesiens*. Porphyry kommt lagerartig und in Form von Stöcken vor. Namentlich die letzteren sind von Interesse wegen der Art ihres Auftretens. Früher war man der Meinung, daß sich die stockförmigen Porphyre auf die Erdoberfläche ergossen hätten. Eine genauere Untersuchung der Lagerungsverhältnisse der Begleitgesteine zeigt aber, daß die Porphyre sich ähnlich wie die Granite stockartig unter der Oberfläche ihren Raum schufen. Der Unterschied gegenüber dem Granit besteht vor allem in der Abwesenheit einer Kontaktzone. Das Empordringen des Porphyrmagmas hat sich wohl in ähnlicher Weise wie bei dem Granit vollzogen, doch drang es höher hinauf, verlor früher seine Gase und erkaltete dann zu schnell, als daß es eine Kontaktwirkung hätte ausüben können. *W. K.*

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 11. Januar sprach Geh. Baurat *Bindemann* über die Ergebnisse der Verdunstungsmessungen auf und an dem Grimnitzsee. Die Preussische Landesanstalt für Gewässerkunde hat schon 1906 mit Versuchen begonnen, die Verdunstung von größeren offenen Wasserflächen einwandfrei zu messen, sie hat insbesondere für den Grimnitzsee in der Uckermark von 1908 bis 1913 regelmäßige Beobachtungen anstellen lassen. Ein Verdunstungsgefäß von 2000 qcm Wasserfläche war fast vollständig in das Seewasser eingetaucht: der Wasserstand in ihm wurde annähernd in der Höhe des Seespiegels gehalten, und zum Schutze gegen Wellenschlag und störende Wellenbewegungen war das Gefäß von einer floßartigen, nur 1 bis 2 cm hervorragenden Zimmerung umgeben. Am Ufer des Grimnitzsees befanden sich zwei verschieden hoch gefüllte, ungeschützte Gefäße von denselben Abmessungen wie das Seegefäß und eine Wildsche Schale in einer Hütte, ferner zeitweise noch ein ebenfalls ungeschütztes Gefäß am jenseitigen Ufer. — Der Vortragende beschränkte sich auf die Mitteilung einiger Ergebnisse von allgemeinerer Bedeutung, insbesondere auf Beantwortung der Fragen: Ist es gleichgültig, an welcher Stelle des Sees gemessen wird? Können die umständlichen Messungen auf dem See ersetzt werden durch Messungen am Ufer? Welchen Einfluß hat die Höhe des Wasserstandes unter dem Gefäßbrande? Welchen Einfluß hat die Größe der Gefäße?

Zwischen der Verdunstung von frei aufgestellten Gefäßen und vom freien See besteht bei bewegter Luft ein wesentlicher Unterschied: während bei ersteren die durch Verdunstung feuchter gewordene Luft fortwährend durch trockenere ersetzt wird, wird zu einer bestimmten Stelle des Sees Luft zugeführt, welche über dem See schon Wasserdampf aufgenommen hat. Je länger der über dem Wasser zurückgelegte Weg ist, desto feuchter ist die Luft, also ist die Verdunstung auf der Luvseite des Sees stärker als auf der Leeseite. Daraus folgt ferner, daß die Verdunstungshöhe um so geringer ist, je größer der See ist. Auch bei den Gefäßen nimmt die Verdunstung mit der Größe ab. Hier ist aber noch, da die Gefäße nicht bis zum Rande gefüllt gehalten werden können, die Wirkung des überstehenden Gefäßrandes von Bedeutung. Da das Verhältnis der Randhöhe zu der Oberfläche mit der Gefäßgröße abnimmt, so tritt die Randwirkung bei größeren Gefäßen zurück, während die Oberflächenwirkung zunimmt.

Die Messungen bestätigten diese allgemeinen Erwägungen, jedoch sind die bei verschiedenen Windrichtungen gefundenen Verdunstungsunterschiede auf dem See so gering, daß sie bei Mittelbildungen vernachlässigt werden konnten. Auch hinsichtlich der Übertragung von Beobachtungen an Landgefäßen auf den See ergaben sich bei verschiedenen Windrichtungen und Windstärken nur so kleine Unterschiede in dem Verdunstungsverhältnis, daß sie bei Mittelbildungen außer Betracht bleiben können.

Bei der Übertragung von Landbeobachtungen auf den See spielen außer dem Wind besonders die verschiedene Wasserwärme in den Gefäßen und im See und die Luftfeuchtigkeit eine Rolle. Aus den Grinnitzbeobachtungen hat Herr Bindemann folgende Gleichung für die Verdunstungshöhe v (mm im Tag) abgeleitet:

$$v = k a^t \frac{u}{1 + a u}.$$

Hier bedeuten: t die Wassertemperatur, u das Sättigungsdefizit am Ufer und k , a , α feste, für jedes Gefäß besondere Beiwerte. k (schwankend zwischen 1,23 und 1,60) hängt wesentlich von Aufstellung und Füllungshöhe ab, a war für alle drei Gefäße gleich ($\lg a = 0,0119$), α betrug für die Landgefäße 0,172 und für das Seegefäß 0,342.

Über den Einfluß der Höhe der Füllung auf die Verdunstung ergab sich für die Landgefäße die Beziehung $v = v_0 \left(\frac{50}{50 + h} \right)^{0,385}$, wenn h die Entfernung vom oberen Gefäßrand und v_0 die Verdunstung bei vollständig gefülltem Gefäß bedeuten. Dagegen war die Verdunstung im Seegefäß nach entsprechender Korrektur für Temperatur und Feuchtigkeit unabhängig von der Höhe der Füllung. Verständlich wird dieses Ergebnis, wenn man bedenkt, daß die Luftfeuchtigkeit über dem Wasserspiegel des Seegefäßes bei der verhältnismäßig kleinen Änderung seiner Höhe (etwa 20 mm) immer dieselbe wie über dem freien Seewasser ist. Das Wasser in diesem Gefäß ist deshalb als ein Teil des Seewassers anzusehen, weshalb auch innerhalb der praktisch möglichen Grenzen die Größe des Seegefäßes ohne Einfluß auf die Verdunstungshöhe ist.

Anders liegen die Verhältnisse bezüglich des Einflusses der Größe der Landgefäße auf die Verdunstung. Aus besonderen Versuchen am Ufer des Grinnitzsees (mit drei Gefäßen von 4000, 2000 und 1000 qcm Oberfläche) ergab sich, daß die Verdunstung vom größten Gefäße stets kleiner war als die vom mittleren, und

zwar nahm der Unterschied mit wachsender Größe der Verdunstung stetig zu. Vom kleinsten Gefäß ist sie dagegen bei kleineren Verdunstungshöhen etwas größer als vom mittleren, mit zunehmender Verdunstungshöhe wird der Unterschied geringer und kehrt schließlich sein Vorzeichen um. Hier zeigt sich deutlich der Gegensatz zwischen dem Einfluß der Größe der Oberfläche und der Wirkung des Randes der Gefäße.

Stü.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Baumwollkultur in Südamerika. (Mc. Cutcheon, *Mc. Bride, Cotton Growing in South America*; The Geographical Review, New York, Januar 1920.) Das Verlangen nach Befriedigung des wachsenden Weltbedarfs an Baumwolle und nach Unabhängigkeit von den wenigen Monopolländern, der Union, Indien und Ägypten, hat die Aufmerksamkeit in jüngster Zeit stark auf die Erzeugungsmöglichkeiten in Südamerika gelenkt, wo bisher nur zwei Länder, Brasilien und Peru, in geringem Maße den Weltmarkt beschicken. — In beiden war die Benutzung des in vielen Arten überall unter den Tropen verbreiteten Gewächses schon vor der Ankunft der Europäer bekannt, in Brasilien des wildwachsenden, in Peru des angebauten. Im letzten ist die Baumwolle, wie in Ägypten, ein Erzeugnis der oasenartigen Täler der Küstenwüste. Es entstammt zwei einheimischen, in den wärmeren Tälern am besten gedeihenden, zwanzig Jahre alt werdenden, mit 4 bis 5 Jahren die größten Erträge abgebenden Arten. Ihre Beschaffenheit wechselt von Tal zu Tal je nach den Benetzungsbedingungen. Besonders geschätzt ist die unter gelegentlichem Regen im äquatorialen Saume der Küste gewachsene „Regenbaumwolle“ im Gegensatz zu der nur unter Berieselung gedeihenden der übrigen Täler. Hier bedingt die je nach der Größe des Einzugsgebietes wechselnde Wasserführung der bald „abkommenden“, bald versickernden Flüsse neben der Durchlässigkeit des Bodens und dem Grundwasserstande die Lage der Pflanzungen in den höheren oder tieferen Abschnitten der Täler — was günstig für die Abfuhr ist — und die Zeit und Zahl der Ernten. Oft wird zweifach geerntet. Die sehr wohl mögliche Steigerung der hauptsächlich nach der Union und nach England ausgeführten Erträge ist von der Besserung der Arbeiter- und Verkehrsverhältnisse abhängig. Vor der Hand hemmen sie das der Leibeigenschaft ähnliche, aus der Zeit der Neger- und Chineseneinfuhr stammende, unproduktive „Peonensystem“ der Großgrundbesitzer und die rückständige Verachtung durch Träger, Esel und Maultiere.

Brasilien, das bis zum Ende des 18. Jahrhunderts ein Haupterzeugungsgebiet des Weltmarktes war, verlor nach Erfindung der Entkernungsmaschine in Nordamerika (1793) seinen Vorrang, dessen es sich jedoch während des Sezessionskrieges noch einmal für kurze Zeit ereruen durfte. Die Anbaumöglichkeit erstreckt sich hier im Gegensatz zu Peru fast auf das ganze gewaltige Land. Die günstigsten Bedingungen bietet das halbtrockene Savannen- und Steppengelände des Nordostens, das aber bisweilen durch katastrophenartige Dürren heimgesucht wird (Ceará). Die Kultivierung der verschiedenen einheimischen und eingeführten Arten ist rückständig. Man erntet auf mangelhaft umgebrochener Brandfläche durchweg nur

einmal. Der Ertrag an Baumwolle und Neben-
erzeugnissen (Öl) deckt die Bedürfnisse des durch
einen außerordentlich hohen Zoll von der Einfuhr ab-
gesperrten Landes. Seit Kriegsbeginn hat auch die
Einfuhr von Fabrikaten stark nachgelassen, so daß
jetzt die Unabhängigkeit Brasiliens hinsichtlich der
ganzen Baumwollwirtschaft eine nahezu vollständige
ist. Auch hier beschränkt die Arbeiter- und Ver-
kehrsfrage zunächst noch die an sich glänzenden Aus-
sichten Brasiliens, erneut eine Hauptquelle des Welt-
marktes zu werden und mit den genannten Monopol-
ländern in Wettbewerb zu treten. — In Nord-
argentinien, Paraguay und Ostbolivien liegen die Ver-
hältnisse ähnlich.

B. Brandt.

Brennfleckstudien. (R. Schinz und E. Schwarz,
Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen,
27. 1. 1919.) Die Verfasser haben sich die Aufgabe
gestellt, mit Hilfe der Lochkameramethode die Verteilung
der Elektronenbelegung auf den Antikathoden
verschiedener Röntgenröhren zu untersuchen. Diese
Aufgabe ist in zweifacher Hinsicht von Interesse: Je
kleiner die Fläche des Brennflecks ist, desto schärfer
gezeichnet sind die von der betreffenden Röhre ge-
lieferten Röntgenphotographien. Ferner soll nach
einer Theorie von *Lilienfeld* Härte und Homogenität
einer Röntgenstrahlung um so größer sein, je dichter
und gleichmäßiger der Brennfleck mit den Kathoden-
strahlelektronen belegt ist.

Läßt man die von der Antikathode kommenden
Röntgenstrahlen durch eine enge Bleiblenne von 0,1
bis 0,3 mm \varnothing gehen, so entsteht durch Lochkamera-
wirkung auf einer photographischen Platte ein Bild
des Brennflecks in natürlicher Größe, wenn die Blende
in der Mitte des Abstandes der Platte von der Anti-
kathode aufgestellt ist. Die Stellen größter Schwär-
zung auf der Platte entsprechen solchen Stellen des
Brennflecks, welche besonders intensive Röntgen-
strahlen aussenden, und welche daher von besonders
vielen Elektronen getroffen werden. Örtliche Ver-
schiedenheiten in der Röntgenstrahlenemission treten
z. B. deutlich hervor, wenn der Brennfleck „ange-
stoßen“ ist, d. h. wenn das Antikathodenblech durch
Überbeanspruchung teilweise zum Schmelzen gebracht
wurde und daher kleine Erhöhungen und Vertiefungen
aufweist.

Bei den gashaltigen Röhren zeigen die für die
Zwecke der photographischen Aufnahme bestimmten
Röhren (Diagnostikröhren) einen kleinen scharf be-
grenzten Brennfleck, während die für Zwecke der
Röntgenbestrahlung gebauten Röhren (Therapie-
röhren) einen etwa dreimal so großen Brennfleck be-
sitzen, dessen sehr intensiver Zentralbezirk von einem
breiten Hof mit geringerer Intensität umgeben ist.
Ein anders geartetes Bild liefert eine Coolidge-
röhre (gasfreie Röhre), ebenfalls für Therapie bestimmt
und daher mit großem Brennfleck versehen. Der zentrale
Teil ist hier sehr wenig geschwärzt und umgeben von
einem sehr intensiven Kreisring, welcher nach außen
zu in eine diffuse Schwärzung geringerer Intensität
übergeht. Wie die Aufnahme zeigt, sendet auch der
Stiel der Antikathode Röntgenstrahlen aus. Im Gegen-
satz hierzu findet sich bei einer für diagnostische
Zwecke konstruierten Glühkathodenröhre das Maxi-
mum der Intensität im Zentralteil des Brennflecks.

Interessant ist ganz besonders das Ergebnis der
Untersuchungen an der *Lilienfeld*-röhre. Hier ergeben
sich eine Reihe scharf begrenzter Ringsysteme, deren
gegenseitige Lage und Intensitätsverhältnisse sich mit

der Härte der Röhre ändern. Der intensivste Ring
wird erklärt als herrührend von den an der Durch-
bohrung der Kathode ausgelösten sekundären Elek-
tronen, während der bei weichen Röhren besonders
deutlich hervortretende innerste Ring seine Entstehung
den direkt vom Glühdraht kommenden Elektronen ver-
danken soll. Diese Deutung und andere Schlüsse,
welche die Verfasser aus ihren Aufnahmen ziehen, wie
z. B., daß das stärkste Spannungsgefälle direkt vor
der Antikathode liegt, werden von *Lilienfeld* unter
Anführung verschiedener Gründe bestritten (Fort-
schritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen 27, 151,
1920). Für die praktische Röntgenologie wichtig ist
der Hinweis *Lilienfelds*, daß bei weitem die über-
wiegende Strahlungsintensität von dem intensivsten
der Ringe ausgehe, so daß ein Widerspruch zwischen
den Ergebnissen der Verfasser und seiner früheren
Behauptung, daß die Belegung des Brennflecks merk-
lich homogen sei, nicht konstatiert werden könne.

Glocker.

Die Wahrscheinlichkeit einer Wettervorhersage.
Vielfach glaubt man, daß durch Verbesserung
des Nachrichtenwesens, durch Vertiefung unseres
Wissens von den Witterungsvorgängen der Ideal-
zustand erreicht werden könnte, daß eine Wettervor-
hersage völlige Sicherheit enthielte. *Schmauß* weist
demgegenüber darauf hin, daß in der Witterungs-
gestaltung der Zufall im Sinne der Wahr-
scheinlichkeitsrechnung nicht ausgeschaltet werden kann, da
es viele labile Zustände gibt, deren Verwendung niemals
Aufgabe einer Berechnung werden kann. Entgegen
sonstigen Anschauungen muß man feststellen, daß auf
gleiche Witterungsfaktoren nicht immer, sondern nur
in 80 bis 90 % aller Fälle gleiches Wetter folgt.
(A. Schmauß, Meteorol. Ztschr. H. 3/4, 1919.)

Astronomische Mitteilungen.

Kleine Planeten: In den Astronomischen Nach-
richten Bd. 212 Nr. 5077 gibt F. Cohn eine Zusammen-
stellung der in der Zeit vom 1. Juli 1919 bis 30. Juni
1920 als neu bezeichneten kleinen Planeten. Von 45
neuen Planeten sind 30 in Heidelberg (Königstuhl-
Sternwarte) aufgefunden, die übrigen fallen auf die
Sternwarten in Algier, Barcelona, Bergedorf b. Ham-
burg, Johannesburg (Südafrika), Mount Hamilton
(Calif.) und Wien. Für 16 dieser Himmelskörper lagen
sovieler Beobachtungen vor, daß eine gesicherte Bahn
(zum weitaus größten Teil am Astronomischen Rechen-
institut Berlin-Dahlem) hergeleitet werden konnte.
Die Zahl der kleinen Planeten mit bekannten Bahnen
ist damit auf 933 gestiegen.

Zur Sicherstellung der Bahnen älterer Planetoiden
sind eine Reihe neuer wertvoller Untersuchungen
am Planeteninstitut in Frankfurt a. M. durchgeführt
worden, worüber in den Astronomischen Nachrichten
Bd. 212 Nr. 5078 und 5080/81 berichtet ist. Die von
M. Brendel ausgearbeiteten Methoden gestatten mit
verhältnismäßig geringem Arbeitsaufwand eine ge-
nähere Berechnung der Störungen, welche die großen
Planeten, besonders Jupiter und Saturn, auf die Bah-
nen der kleinen Planeten ausüben, wobei die in benach-
barten Bahnen sich bewegenden Planetoiden gruppen-
weise zusammengefaßt werden können. Nach diesen
Methoden hat P. Labitzke genäherte Jupiterstörungen
für 19 Planeten, K. Boda genäherte Jupiterstörungen
für 108 Planeten der Hestia-Gruppe ermittelt. In einer
weiteren Untersuchung über die allgemeinen Jupiter-
störungen des Planeten 170 Maria zeigt K. Boda, daß

sich die Brendelschen Methoden auch auf Planeten mit größerer Bahnneigung (170 Maria hat eine Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik von $14^{\circ} 21'$) anwenden lassen.

Die Bewegung der Magellanschen Wolken untersucht E. Hertzsprung in den Monthly Notices of the R. Astronom. Society Vol. 80, S. 782. Durch das Lick-Observatorium waren die Radialgeschwindigkeiten von 17 Nebeln der großen Magellanschen Wolke (am südlichen Sternhimmel) bestimmt worden. Die mittlere Geschwindigkeit ist $+276$ km in der Sekunde. Die einzelnen Werte weichen hiervon ziemlich stark ab, und zwar haben sich die Radialgeschwindigkeiten um so größer ergeben, je weiter die Nebel vom Südpol entfernt stehen. Es wurde deshalb zuerst angenommen, daß die große Magellansche Wolke eine Rotationsbewegung ausführt.

Nun weist aber Hertzsprung nach, daß die Annahme einer parallelen Bewegung aller Nebel mit konstanter Geschwindigkeit die Beobachtungen sehr gut darstellt. Die bei den einzelnen Nebeln beobachtete Verschiedenheit führt lediglich davon her, daß wir die Bewegung der einzelnen Nebel unter verschiedenem Winkel wahrnehmen. Nach den Rechnungen Hertzsprungs erfolgt die Bewegung der großen Magellanschen Wolke gegen die Richtung $\alpha = 4^h 31^m$, $\delta = -4,7^{\circ}$ an der Sphäre mit einer Geschwindigkeit von 608 km in der Sekunde. Die Bewegung eines der Nebel der kleinen Magellanschen Wolke, dessen Radialgeschwindigkeit zu $+168$ km in der Sekunde gefunden wurde, läßt sich ebenfalls als räumliche Bewegung von derselben Richtung und Größe wie die der 17 übrigen Nebel deuten.

Sobald es gelingt, die Eigenbewegungen dieser Nebel an der Sphäre aus den Beobachtungen herzuleiten, erhält man durch Vergleich mit der räumlichen Bewegung die Entfernung der beiden Magellanschen Wolken vom Sonnensystem.

Das Doppelsternsystem 70 Ophiuchi war bereits Gegenstand vielfacher Untersuchungen. Berechnet man für dieses eine Bahn unter der Annahme, daß die eine Komponente sich um die andere nach dem Newtonschen Gesetz bewegt, so treten Abweichungen auf, die von den einen Berechnern als systematische Beobachtungsfehler gedeutet wurden, von anderen als Störungen durch einen dritten dunklen Körper innerhalb des Systems, der große Umlaufzeit oder eine große Entfernung von den übrigen Körpern besitzt. F. Pavel konnte nun (Astronom. Nachrichten Bd. 202 Nr. 5082) die mehr als 700 vorliegenden Beobachtungen des Systems unter der Annahme darstellen, daß der dritte Körper ein naher Begleiter des Hauptsternes ist. Seine Umlaufzeit ist 6,5 Jahre; die halbe große Achse der Bahnellipse in Winkelmaß an der Sphäre $0,0033$. Die Umlaufzeit der hellen Komponenten dagegen beträgt 87,71 Jahre. Die Gesamtmasse des Systems ergibt sich zu 1,06 Sonnenmassen.

Marsbeobachtungen im Jahre 1920 an der Urania-Sternwarte in Kopenhagen veröffentlichten C. Luplau-Janssen und G. Haahr in den Astronom. Nachrichten Bd. 202 Nr. 5082. Die Beobachtungen sind mit einem Refraktor von 10 Zoll (247 mm) Öffnung ausgeführt und zeigen, daß bei entsprechender Fähigkeit und Übung im Sehen schwacher Objekte sowie bei günstigen Luftverhältnissen durchaus keine außergewöhnlich großen Fernrohre notwendig sind, um auch feinere Einzelheiten der Marsoberfläche wahrzunehmen.

Einige Angaben der Beobachter seien hier hervor-

gehoben. „Bei dieser Opposition haben wir besonders die uns zugekehrte nördliche Halbkugel beobachten können. Diese Gegenden hatten Sommer und die meisten Einzelheiten, Kanäle, Moraste und Seen, waren sehr dunkel, oft verschwommen, und sehr hervortretend.“ „Die nördliche Polarkalotte ist dieses Jahr stets sichtbar und meistens sehr deutlich und augenfällig gewesen. Am 4. April war sie sehr groß, blendend weiß und von einem gewaltigen dunklen und diffusen Saume umgeben.“ „Bereits April 29 und 30 war die weiße Kalotte viel kleiner geworden; der Saum war gleichzeitig weniger hervortretend, und die Farbe bleich grünblau.“ „Von Mai 3 an scheint die Polarkalotte mit Rücksicht auf Größe recht konstant zu sein. Die Farbe wurde ein wenig gelblich; gleichzeitig begannen aber lichte diffuse Massen („Wolken“) in den unmittelbar angrenzenden Gegenden aufzutreten, am 19. Mai waren sie sehr auffallend und hell. Von diesen „Schleiern“ gingen schwache Ausläufer nach Süden.“

„Die drei Polarmoraste Mare Acidalium, Propontis und Utopia waren im ersten Anfang der Beobachtungen als sehr dunkle Stellen im Polarsaume sichtbar. Einen Monat später (im Mai) waren sie bereits als abgesonderte Gebilde zu unterscheiden und zeigten ihre normalen Umrisse.“ „Die nördlichen Seen waren alle besonders dunkel und sehr verschwommen.“ „Von Kanälen haben wir eine große Anzahl erkennen können.“ „Sie waren fast alle sehr dunkel, häufig etwas verschwommen, meistens aber sehr breit und deutlich.“ „Trotz der Kleinheit des Marsdurchmessers bei dieser Opposition gelang es uns doch, einige Kanalverdoppelungen zu entdecken. Nach der Jahreszeit auf Mars waren ja solche auch im voraus zu erwarten.“ Eine Anzahl solcher verdoppelten Kanäle werden besonders aufgeführt. „Die polaren Kanäle waren sicher einzeln und von Aussehen weit verschwommener als die südlicher verlaufenden.“

A. Kopff.

Eine neue Mitteilung des Lowell Observatory in Texas berichtet über die beiden Spiralnebel N. G. C. 584 und 936. Ersterer hat einen hellen Kern und wenig detailreiche neblige Umgebung, während der ziemlich kleine helle Kern des anderen „Auswüchse“ von entgegengesetzten Seiten hat, so daß der Nebel etwa dem Saturn mit seinen Ringen bei schwacher Vergrößerung gleicht, wenn wir das System nur wenig geöffnet sehen. Das Wichtigste der Slipherschen Beobachtungen ist nun die Feststellung der Radialgeschwindigkeiten, die durch Spektrogramme mit 28 bzw. 34 Stunden Exposition erhalten wurden. Beide Spektren sind im wesentlichen vom Sonnentypus und gaben $+1800$ und $+1300$ km/sec (also fort von der Sonne). Derart hohe Geschwindigkeiten sind im Kosmos bisher nicht beobachtet worden, wenn auch Bewegungen von durchschnittlich 500 km/sec im Visionsradius und auch innerhalb ihres eigenen Systems bei den Spiralnebeln schon länger bekannt sind.

Im Zusammenhang hiermit sei auf einige Bemerkungen von F. Nölke in Nr. 5084 der Astronomischen Nachrichten hingewiesen, der die Spiralnebel für Angehörige unseres Milchstraßensystems hält, für Weltkörper, die im Anfange ihrer Entwicklung stehen. Viele andere Forscher halten dagegen die Spiralen für sehr ferne Weltsysteme, unserer Milchstraße gleich. Eine Entscheidung steht noch aus; auf das Für und Wider der einzelnen Ansichten kann jedoch hier nicht weiter eingegangen werden.

J. Hopmann.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 11. (Seite 177—192)

18. März 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Zur Erinnerung an Josef Loschmidt. Von *F. Exner*,
Wien. S. 177.

Die Loschmidtsche Zahl und die modernen
Methoden ihrer Bestimmung. Von *Arthur Haas*,
Leipzig. S. 180.

Das Problem der Geschlechtsumstimmung und
die sogenannte Verjüngung. Von *W. Harms*,
Marburg. S. 184.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft:
Die Mauser der Singvögel im Dienste der

Systematik. Das Orientierungsvermögen der
Zugvögel. S. 189.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 190-191.
Theodor Rümelin. Der Stand der Gasturbinen-
frage. Eine Bakteriose der Gerste.

Astronomische Mitteilungen. S. 191—192.

Über die Durchmesser der Fixsterne. Zur
Ablenkung der Lichtstrahlen im Gravitations-
felde der Sonne.

Verlag von J. F. Bergmann in München und Wiesbaden

Soeben erschien:

Entwicklung, Bau und Bedeutung der Keimdrüsenzwisehenzellen

Eine Kritik der Steinachschen „Pubertätsdrüsenlehre“

Von Dr. med. et phil. **H. Stieve**

Privatdozent für Anatomie und Anthropologie, II. Prosektor am Anatomischen Institut der Universität Leipzig

(Sonderdruck aus „Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte“, Band XXIII)

Preis M. 32.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Plücker, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-59. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Schutz gegen die

Grippe

u. andere Ansteckungen von
Mund und Rachen aus (Hals-
entzündung, Diphtherie,
Scharlach usw.) durch
Sauerstoffdesinfektion mittels

Perhydrit-
Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen
des Mundes und zum Gurgeln.

Packungen mit 10, 25
und 50 Stück in den
Apotheken und Drogerien.

(223 I)

Suche einen

Physiker

welcher geneigt ist, die Prüfung und Beschreibung
einer neuen elektrischen Erscheinung zu übernehmen.
Hervorragende Sache. Günstige Chancen. Angeb.
unter „Nw. 239“ an die Expedition dies. Zeitschrift.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Lehrbuch
der Diathermie
für Ärzte und Studierende

von

Dr. Franz Nagelschmidt
in Berlin

Zweite, durchgesehene Auflage

Mit 155 Textabbildungen

Preis M. 56.—; gebunden M. 64.—

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

18. März 1921.

Heft 11.

Zur Erinnerung an Josef Loschmidt.

Von F. Exner, Wien.

Mit dem 15. März 1921 jährt sich zum hundertsten Male der Tag, an welchem *Josef Loschmidt* geboren wurde; wenn ich bei dieser Gelegenheit eine, freilich sehr kurze biographische Skizze dieses außerordentlichen Mannes entwerfe, so tue ich das als einer der letzten Physiker, dem es noch vergönnt war, mit *Loschmidt* in regem persönlichen Verkehr zu stehen. Nicht nur als sein unmittelbarer Nachfolger im Amte, als er 1891 von diesem zurücktrat, sondern schon viele Jahre vorher konnte ich mich seines Umganges erfreuen, in jener ungezwungenen Weise, wie sie dem trefflichen Charakter dieses Mannes entsprach. Solche Stunden sind unvergänglich, und ihre lebendige Wirkung ist nicht durch die Lektüre der dicksten Bücher zu ersetzen. Wenn ich sagen sollte, was mir am lebhaftesten von der Denkweise *Loschmidts* in Erinnerung geblieben, so wäre es die Sicherheit, mit welcher er in allen Fragen, mögen diese wissenschaftliche Probleme oder solche des täglichen Lebens betroffen haben, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen wußte und letzteres in seinem Ideengang einfach beiseite schob. Mit dieser schlichten Denkweise eng verbunden war bei *Loschmidt* eine seltene Herzensgüte und Bescheidenheit; völlig neidlos konnte er sich über wissenschaftliche Erfolge anderer ebenso freuen wie über eigene.

Aber die Bescheidenheit! Oft schon wurde den österreichischen Naturforschern der Vorwurf gemacht, sich und ihre Werke in allzu großer Bescheidenheit nicht in das richtige Licht gestellt zu haben, so daß ihre Persönlichkeit meist im Dunkeln blieb. Der Vorwurf ist nicht ungerechtfertigt, es scheint aber diese Scheu vor der Öffentlichkeit im Volkscharakter zu liegen, und schwer würde es sein, in dieser Frage das Für und Wider richtig zu erwägen. Unwillkürlich drängt sich hier die Erinnerung an einen Vorgänger *Loschmidts* auf, an *Ch. Doppler*. Überall in der Welt, wo physikalische Forschung betrieben wird, kennt man das Dopplersche Gesetz, aber wie wenige nur wissen, daß *Ch. Doppler* 1850 als Professor der Physik an der Wiener Universität wirkte und daß er der Gründer des dortigen physikalischen Instituts war, wenn ich nicht irre, des ersten staatlichen Instituts dieser Art in deutschen Landen. Und ähnlich stand es mit *Loschmidt*. Er, der der Welt das sichere Fundament aller Atomistik gegeben hat, war bei Lebzeiten vielfach ein Unbekannter. Noch er-

innere ich mich lebhaft eines Gespräches, das ich im Jahre 1870 in Zürich mit meinem leider schon lange verstorbenen Lehrer *A. Kundt* hatte; als ich da von *Loschmidts* Wirken in Wien sprach, meinte er ganz verwundert: „Wie, *Loschmidt* lebt noch, und in Wien?“ Er hatte ihn offenbar zu den unbestimmten Größen einer längst vergangenen Zeit gezählt.

Ch. Doppler und der etwa zwanzig Jahre jüngere *Loschmidt* zeigten überhaupt manche Ähnlichkeit; beide waren eigentlich Autodidakten; mit den Fehlern und Vorzügen derselben, aber der Altersunterschied beider war für ihre Entwicklung von einschneidender Bedeutung. Das Jahr 1850 brachte nämlich für Österreich, abgesehen von allem andern, auch die gründliche Reorganisation der Universitäten. Damit waren mit einem Schlage die bis dahin verschlossenen Türen ins Ausland geöffnet und ein wissenschaftlicher Verkehr konnte beginnen. Nun hat *Ch. Doppler* diesen Zeitpunkt nur um Weniges überlebt, seine Tätigkeit fällt vollständig in die alte beschränkte Zeit — nicht einmal die damaligen französischen Lehrbücher der Physik konnte er sich verschaffen —, und das erklärt manches sonst Unverständliche in seinen Arbeiten. Für *J. Loschmidt* dagegen war das Jahr 1850 zugleich der Anfang seiner wissenschaftlichen Tätigkeit, und so konnte er aus der neuen Zeit auch den entsprechenden Vorteil ziehen.

Man kann nicht sagen, daß über *Loschmidts* Geschick ein ganz besonderer Glückstern waltete, es wäre denn, daß ihm die Natur ein zufriedenes Gemüt und ein reiches Innenleben gewährte, freilich nicht wenig. Aber mit äußeren Glücksgütern war *Loschmidt* niemals gesegnet, er strebte auch solche gar nicht an, als insofern sie ihm die Möglichkeit zum Leben und Forschen gaben; was darüber hinausging, rechnete er nicht mehr zum Wesentlichen des menschlichen Daseins und legte kein Gewicht darauf. Aber doch war ihm das Glück nicht ganz abhold, ja es griff zu öfteren Malen entscheidend in seinen Lebensgang ein. So schon in seiner frühesten Kindheit, als der in dem kleinen Orte Putschirn bei Karlsbad in Böhmen geborene und aufgewachsene Knabe die Aufmerksamkeit des dortigen Pfarrers, wohl durch seinen aufgeweckten Geist, auf sich lenkte. Dieser treffliche Mann ermöglichte es dem Knaben, der bis dahin die Ziegen hütete, die niedere Schule und später sogar das Gymnasium in Prag zu besuchen. Mit diesem Glücksfall war für *Loschmidt* die Richtung seines künftigen Lebenslaufes gegeben; wenn ich sage Glücksfall, so ist

das vielleicht nicht ganz der richtige Ausdruck, denn wie vielen hätte das gleiche begegnen können, ohne daß sie große Gelehrte geworden wären. Es war eben ein glückliches Zusammentreffen günstiger Umstände von beiden Seiten.

Die Absolvierung des Gymnasiums zog natürlich das Universitätsstudium, gleichfalls in Prag, nach sich, und da war es zum zweitenmal, daß ein Zufall wesentlich günstig bestimmend auf seine weitere Entwicklung einwirkte. Zu dieser Zeit war *Loschmidt* materiell auf sich selbst angewiesen, was zahlreiche Lektionen und ähnliche Beschäftigungen im Gefolge hatte. Nun wirkte damals mein Vater als Professor der Philosophie in Prag und benötigte eines Augenüblers wegen einen Vorleser; seine Wahl fiel auf den jungen *Loschmidt*, den er von den Vorlesungen her kannte und dessen reger Geist ihm wohl aufgefallen sein mochte. Diese Tätigkeit als Vorleser nun bildete einen Wendepunkt in *Loschmidts* Leben, denn sie eröffnete ihm ein völlig neues Gebiet menschlicher Forschung, eben das philosophische, und mit wahren Feuereifer stürzte er sich in dasselbe. Gerade damals begann die Philosophie *Herbarts* in Österreich Wurzel zu fassen, und es ist begreiflich, daß einen so regsamen Geist, wie den des jungen *Loschmidt*, die *Herbartsche* Behandlung der Psychologie und auch dessen Metaphysik lebhaft fesseln mußte. Besonders letztere enthält außerordentlich vieles, das einen angehenden Naturforscher, und dieses war *Loschmidt* in seinem Innern schon damals, zum kritischen Nachdenken reizen, ihm aber auch vielfach Bewunderung abringen mußte. Ob *Loschmidts* schon früh geübte Spekulationen auf dem Gebiete der Molekularphysik auch daher Anregung erfahren haben, ist mir nicht bekannt, scheint aber sehr wahrscheinlich. Es war ein Glück, daß *Loschmidt* in dieser frühen und empfänglichen Zeit und nicht erst später diesen philosophischen Einschlag erhalten hat, in einer Zeit, wo Anregungen noch mächtig wirken, aber nicht so fest sitzen, daß sie sich nicht mitunter in ganz anderer Richtung entwickeln können als der beabsichtigten. So ist es auch *Loschmidt* mit dem weiteren Studium der Philosophie ergangen, sobald er versuchte, konkrete Folgerungen aus ihren Prämissen zu ziehen. Die Aufgabe, die ihm gestellt wurde, *Herbarts* Psychologie in dessen Sinne streng mathematisch durchzuführen, gab den Anlaß, daß *Loschmidt* sich endgültig von der Philosophie lossagte und den Naturwissenschaften zuwandte. Die Überzeugung, zu der er während dieser Arbeit kam, daß es ganz aussichtslos ist, auf diesem Wege weiter zu kommen, indem eine Anwendung der Mathematik auf psychologische Probleme im Prinzip verfehlt ist, machte ihn schließlich zum Renegaten, und „Renegaten sind die schlimmsten Feinde“ pflegte er öfters zu sagen. Trotzdem aber hat *Loschmidt* die auf Philosophie verwandte Mühe niemals bereut, im Gegenteil, er sprach stets mit größter

Dankbarkeit von dieser Zeit. Ich glaube in der Tat, daß die philosophische Ruhe und die, wie schon erwähnt, stets auf das Wesentliche gerichtete Art seines Geistes in jener Zeit ihre Wurzeln hatte. Und in diesem Sinne, so meinte ich, war dieses Zusammentreffen für *Loschmidts* Lebensweg von glücklicher Bedeutung.

Aber nicht in diesem Sinne allein; seine Tätigkeit als Vorleser erstreckte sich keineswegs nur auf philosophische Schriften, alles, was mit Literatur und Kunst im Zusammenhange steht, wurde in den Bereich dieser gemeinsamen Lektüre, Diskussion und Kritik gezogen. Insbesondere waren es die Klassiker der Poesie, der antiken sowohl wie der modernen, mit denen *Loschmidt* damals zum ersten Male in Berührung kam, und die auf den empfänglichen jungen Geist die nachhaltigste Wirkung übten. Ich kann mir nicht versagen, hier eine kleine, an sich unbedeutende Episode zu erwähnen, wie sie mir *Loschmidt* einst auf einem Spaziergange lachend und mit dem ihm eigenen Humor erzählte. Es war nach der Lektüre von *Schillers* Räubern; mein Vater mußte das Haus verlassen und *Loschmidt*, noch ganz begeistert von dem hohen Idealismus eines *Karl Moor*, unternahm es, sich als solchen zu maskieren, indem er den Schlafrock meines Vaters sich als Räubermantel um die Schultern warf und seine Faust mit einem großen Papiermesser vom Schreibtische bewaffnete. So stand er gewappnet da und deklamierte mit lauter Stimme, das Buch in der Hand, den großen Monolog. Da trat unversehens mein Vater, der etwas vergessen hatte, in die Stube; er erfaßte sofort mit Humor die Situation und der dramatische Effekt löste sich in allgemeine Heiterkeit auf. Ich bin völlig überzeugt, daß mein Vater sich damals über diesen Ausbruch jugendlichen Idealismus herzlich gefreut hat. War diese starke Wirkung der *Schillerschen* Dichtung doch auch nichts anderes als das Echo einer gleichgestimmten Seele, deren Idealismus das ganze Leben hindurch sich gleich blieb, ein Idealismus, der den Geist immer zu den höchsten Problemen trieb, dem Herzen aber jene echte Güte verlieh, die jeder an *Loschmidt* schätzen mußte.

Hatte der Aufenthalt in Prag für *Loschmidts* Entwicklung die größte Bedeutung, so erhöhte sich diese noch durch seinen schon erwähnten Entschluß, das Studium der Philosophie endgültig mit jenem der Naturwissenschaften zu vertauschen. Diesen Entschluß durchzuführen, wandte er sich (1842) nach Wien zur Vollendung des höheren Studiums und widmete sich hier vorzüglich der Chemie. Gern hätte er diese Studien in Deutschland, wo damals der Wissenschaft ein wesentlich weiterer Horizont beschieden war, fortgesetzt, etwa bei *Liebig* in München oder bei *Wöhler* in Göttingen, allein dazu fehlten ihm die Mittel; die leidigen Sorgen des täglichen Lebens nötigten ihn, seine wissenschaftliche Tätigkeit abubrechen und durch eine praktische in ver-

schiedenen chemischen Fabriken zu ersetzen. Allein das entsprach nicht seiner ideal angelegten Natur, und die materiellen Erfolge waren entmutigend. Sowohl seine Bemühungen, ein neues Verfahren in einer Salpeterfabrik einzuführen, als seine spätere Tätigkeit in verschiedenen anderen Fabriken scheiterten an der Ungunst äußerer Verhältnisse, vielleicht zum Teil auch daran, daß diese Tätigkeit eben nicht seiner Natur gemäß war. Er hat mir manchmal über diese Zeit geklagt, der prosaischen, in welcher er sich oft über die Ödigkeit des Fabrikbetriebes nur dadurch weghelfen konnte, daß er *Homer* laut rezitierend zwischen Kesseln und Retorten auf und ab ging, ein Streiflicht auf *Loschmidts* damalige Verfassung.

So trieb es ihn denn wieder nach Wien zurück zur reinen Wissenschaft. Das war im Jahre 1850, und zum dritten Male zeigte sich ihm das Geschick günstig. Zu dieser Zeit war in Österreich die Reorganisation der Universitäten in vollem Gange, und zur Durchführung derselben war mein Vater in das Ministerium nach Wien berufen worden. So ergab es sich zunächst, daß *Ch. Doppler* als Professor der Physik nach Wien übersiedelte, als dessen Nachfolger später *Ettingshausen*, *Stefan* und *Boltzmann* wirkten. Aber auch für *Loschmidt* fand sich eine zunächst freilich sehr bescheidene Stelle als Lehrer an einer Unterrealschule, allein sie gewährte ihm die Möglichkeit, sich wieder der Wissenschaft zu widmen. Hatte ihm die Tätigkeit in chemischen Fabriken an sich auch keine Befriedigung gewährt, so war doch die vielfache Beschäftigung mit chemischen Problemen für seine folgenden physikalischen Untersuchungen von großer Bedeutung. Mit dem Jahre 1850, als die Schranken gegen das Ausland fielen, kam auch ein neuer Geist in das wissenschaftliche Leben. Unter den Ideen, welche in den folgenden Jahren von außen zuströmten, waren, auf physikalischem Gebiete, zwei, die den auf das Allgemeine gerichteten Geist *Loschmidts* besonders fesselten und nachhaltig beschäftigten: die kinetische Theorie der Gase und die Thermodynamik. Beide, in den wesentlichsten Punkten von *Clausius*, zum Teil auch von *Maxwell* ausgebaut, berührten in mancher Hinsicht die molekulartheoretischen Spekulationen *Loschmidts* und halfen denselben einige Jahre später zu voller Reife. Das Jahr 1865 wird für alle Zeiten ein Markstein in der Entwicklung der Naturwissenschaften bleiben; es ist das Jahr, in welchem *Loschmidt* seine berühmte Arbeit „Zur Größe der Luftmoleküle“ in den Schriften der Wiener Akademie der Wissenschaften veröffentlicht hat, ohne Zweifel die bedeutendste aller seiner Arbeiten. Auf wenigen Seiten enthält sie die Lösung eines Problems, das seit Jahrtausenden, seit *Demokrit* und *Epikur* die besten Geister beschäftigte, von vielen aber, denen die atomistische Struktur der Materie zweifelhaft war, überhaupt für unlösbar gehalten wurde. Ungeheuer ist in der Naturwis-

senschaft die Wirkung von Maß und Zahl; hatten die Atomistiker bisher wohl eine vage Vorstellung von der Kleinheit der Moleküle und Atome, so waren doch keinerlei Grenzen nach unten gegeben, und allem Theoretisieren und Spekulieren weiter Spielraum gelassen. Dem war auf einmal ein Ziel gesetzt; wollte man die Wirkung der *Loschmidtschen* Arbeit etwa durch eine Analogie illustrieren, so denke man an den Zustand der Himmelsmechanik zur Zeit *Newtons*, wo zwar schon die Gesetze der Bewegung, nicht aber die Massen der Himmelskörper bekannt waren. Welches grelle Licht haben dann die Versuche von *Maskelyne* und jene von *Cavendish* auf den Zustand unserer Erde und des ganzen Planetensystems geworfen? Und wieviel umfassender ist doch die Wirkung der *Loschmidtschen* Entdeckung, denn sie betrifft die Konstitution der Materie schlechtweg, das heißt aller Quellen in der Natur, von denen irgendein Geschehen ausgeht. In der Tat eine überwältigende Idee! Der Schöpfer einer solchen sollte nicht vergessen werden. *Loschmidt* war der erste, der außer der Größe auch die Zahl der Moleküle in der Volumeneinheit eines normalen Gases bestimmt hat oder, was daraus folgt, die Zahl der Moleküle im Mol einer Substanz. Diese Zahl, auf welcher die ganze moderne Atomistik fußt, ist die *Loschmidtsche* Zahl und nicht, wie sie oft genannt wird, die *Avogadrosche*. Letztere Bezeichnung ist irreführend, *Avogadro* hat mit dieser Zahl absolut nichts zu tun.

Es ist begreiflich, daß die Arbeit *Loschmidts* großes und berechtigtes Aufsehen machte; für *Loschmidt* selbst hatte es die erfreuliche Folge, daß er bald darauf (1867) zum Mitgliede der Akademie der Wissenschaften in Wien gewählt und (1868) zum Professor der Physik an der Wiener Universität ernannt wurde. In letzterer Eigenschaft stand ihm auch ein kleines, äußerst bescheidenes Laboratorium zur Verfügung (ohne Assistenten). Trotz der beschränkten Verhältnisse und Mittel vermochte er auch hier noch ganz vortreffliche Experimentaluntersuchungen auszuführen, von denen hier nur auf eine aus dem Jahre 1870 verwiesen sein soll, in welcher er durch Bestimmung der freien Diffusion von Gasen ineinander eine schöne Bestätigung und Stütze der kinetischen Gastheorie lieferte. Auch dabei kamen ihm seine chemischen Studien aus früheren Zeiten trefflich zustatten. Freilich alle seine Ideen glücklich auszuführen, dazu reichten die Mittel, die ihm zur Verfügung standen, bei weitem nicht, sonst hätte er das *Kerrsche* Phänomen lange vor *Kerr* und das *Hallsche* lange vor *Hall* gefunden. Beide hat er theoretisch vorausgesehen und experimentell ganz in der Weise gesucht, wie die Phänomene später unter günstigeren Bedingungen wirklich entdeckt wurden. Trotz dieses Mißerfolges ist es erstaunlich, was *Loschmidt* mit seinen bescheidenen Mitteln doch zustande brachte, und das wurde auch von der Unterrichts-

verwaltung anerkannt, aber nicht etwa dadurch, daß man es *Loschmidt* zugute schrieb, vielmehr wurden diese Verhältnisse mit Vorliebe als Beweis dafür benutzt, wie überflüssig gut und vollkommen eingerichtete Institute seien; difficile est satyram non scribere.

Sollte man es *Loschmidt* verargen, daß er Phänomene gesucht und nicht gefunden, Experimente mit negativem Erfolge ausgeführt hat? Gewiß nicht; abgesehen von der Unzulänglichkeit der Apparatur, die, wie bei den oben angeführten, den Erfolg verhinderte — und es waren das nicht die einzigen —, so ist es doch ein Beweis von richtigem theoretischen wie experimentellem Denken, das Mögliche vorausgesehen zu haben. Muß man es nicht als einen Ausfluß von *Newtons* Genie ansehen, daß er Lichtgeschwindigkeit bei materiellen Teilchen für möglich hielt? Nicht viele dürften bis vor kurzer Zeit an diese Möglichkeit geglaubt haben, und doch haben uns jetzt die radioaktiven Stoffe den Beweis für die Wirklichkeit erbracht. Im Unbekannten das Mögliche vom Unmöglichen zu unterscheiden, setzt Genie voraus.

Viele werden vielleicht über die relativ geringe Zahl von Publikationen *Loschmidts* erstaunt sein; die Erklärung dafür liegt nicht in seinem Können, sondern in seinem Charakter. Er sagte mir einmal mit Rücksicht darauf: „Wissen Sie, solche Arbeiten wie die anderen könnte ich auch machen, da wäre mir aber leid um die Zeit.“ Das entspricht ganz der Denkweise *Loschmidts*, die immer nur auf das Wesentliche und Höchste gerichtet war; auch darin zeigte sich sein Idealismus. Ist die Zahl seiner Arbeiten auch nicht groß, so ist doch, was er uns hinterlassen, wahrhaftig genug für ein Menschenleben, groß genug, sich daran zu erfreuen und des Spenders dankbar zu gedenken.

Die Loschmidtsche Zahl und die modernen Methoden ihrer Bestimmung.

Von Arthur Haas, Leipzig.

So alt wie alle theoretische Physik ist die Vorstellung, daß die *Materie* eine individuelle, eine atomistische Zusammensetzung besitze; aber diese Vorstellung war so lange eine bloß spekulative Hypothese, als keine quantitative Aussage über die Atome möglich war. Die im Beginne des neunzehnten Jahrhunderts durch *Dalton* begründete chemische Theorie bot zuerst die Möglichkeit, die Massen der Atome in einem relativen Maße zu bestimmen, bei dem als Einheit die Masse des Wasserstoffatoms, genauer später der sechzehnte Teil der Masse des Sauerstoffatoms diente. Eine absolute Bestimmung der Atommasse gelang erst im Jahre 1865 *Loschmidt* durch eine geniale Überlegung, die sich auf Beziehungen der kinetischen Gastheorie stützte; erst durch

diese große Geistestat wurde, was bis dahin nur philosophische Spekulation gewesen war, zu einer exakten wissenschaftlichen Erkenntnis.

Das Verhältnis zwischen den beiden Zahlen, die die Masse eines Atoms im relativen und im absoluten Maße bestimmen, wird darum heute allgemein als die *Loschmidtsche Zahl* bezeichnet. Man kann sie auch definieren als die Zahl der in einem Grammatom enthaltenen Atome oder, was dasselbe ist, der in einer Grammolekel enthaltenen Molekeln; wenn man unter einem Grammatom oder unter einer Grammolekel einer Substanz eine Masse von soviel Gramm versteht, als das Atom- oder Molekulargewicht der betreffenden Substanz beträgt. Es ist also z. B. ein Grammatom Wasserstoff 1,0077 g; ein Grammatom Sauerstoff 16,000 g; eine Grammolekel Wasser 18,016 g usw. Bezeichnen wir die Masse des Wasserstoffatoms mit *M* und die Loschmidtsche Zahl mit *L*, so ist also:

$$L = \frac{1,0077 \text{ g}}{M} \dots \dots \dots (1)$$

Während *Loschmidts* Rechnungen nur zu der Größenordnung der später nach ihm benannten Zahl führten (zu etwa 10^{22}), kennt seit dem Jahre 1900 die Physik den Wert dieser fundamentalen universellen Konstanten sehr genau; ja mehr als das, sie verfügt infolge der großen theoretischen Fortschritte heute über so viele, voneinander gänzlich unabhängige und äußerst genaue Methoden zur Ermittlung der Konstanten, daß man ohne Übertreibung sagen kann, daß heute der Naturforschung der Wert der Atommasse viel genauer und mit viel größerer Sicherheit bekannt ist als etwa der der Erdmasse. Über die mannigfachen Methoden, die heute der theoretischen Physik die genaue Bestimmung der Loschmidtschen Zahl ermöglichen, möge im folgenden eine kurze Zusammenstellung gebracht werden.

Wir wollen dabei vier Gruppen von Methoden unterscheiden, die aber natürlich wieder mannigfach miteinander kombiniert werden können: 1. solche Methoden, die die Loschmidtsche Zahl nur mit dem elektrischen Elementarquantum (*e*) verknüpfen; 2. solche, die die Loschmidtsche Zahl nur mit dem elementaren Wirkungsquantum (*h*) in Verbindung bringen; 3. solche, die die Loschmidtsche Zahl gleichzeitig mit den Konstanten *e* und *h* und überdies noch mit der Masse (*m*) der negativen Elektronen kombinieren, und 4. solche Methoden, die unabhängig von den Grundgrößen der Elektronen- und der Quantentheorie unmittelbar zu der Loschmidtschen Zahl durch Untersuchung von Molekularerscheinungen führen.

A. Kombination von *L* und *e*.

I. Die Elektrolyse. Wie schon *Faraday* (1833) entdeckte, wird von der Einheit strömender Elektrizität immer dieselbe Zahl von Grammatomen eines einwertigen Stoffes abgeschieden, die doppelte eines zweiwertigen und so fort. Nach

sehr genauen Messungen wird ein Grammatom eines einwertigen Stoffes in der Zeiteinheit bei einer Stromstärke von 96 494 Ampère ausgeschieden; das entspricht einer Elektrizitätsmenge, die in elektrostatischen Einheiten gemessen $3 \cdot 10^9$ -mal so groß ist (der Faktor stellt den zehnten Teil der in cm/sec gemessenen Lichtgeschwindigkeit dar; genauer ist er $2,999 \cdot 10^9$). Einem Grammatom eines einwertigen Stoffes haftet also eine Elektrizitätsmenge von $2,8939 \cdot 10^{14}$ elektrostatischen Einheiten an. Die Elektrizitätsmenge, die einem *einzelnen* einwertigen Atom anhaftet und die eben als das elektrische Elementarquantum definiert wird, finden wir daher, wenn wir die zuletzt angegebene Zahl noch durch die Loschmidtsche Zahl dividieren; somit ist:

$$e \cdot L = 2,8939 \cdot 10^{14} \text{ elektrost. Einh.} \quad (2)$$

II. Die Ablenkung der Alphastrahlen. Von radioaktiven Substanzen werden positiv elektrische Strahlen, sogenannte α -Strahlen, ausgesandt, deren Teilchen sich als geladene *Heliumatome* erwiesen, und zwar muß aus der Theorie des periodischen Grundstoffsystems geschlossen werden, daß die Ladung zwei Elementarquanten beträgt; die Masse der α -Teilchen ist hingegen, weil das Atomgewicht des Heliums vier ist, gleich $4M$. Nun läßt sich die sogenannte *spezifische Ladung* (γ) der α -Teilchen, nämlich das Verhältnis zwischen ihrer Ladung und ihrer Masse, dadurch ermitteln, daß man die Ablenkung der Strahlen sowohl im elektrischen als auch im magnetischen Felde mißt. Man fand so:

$$\gamma = 1,45 \cdot 10^{14} \text{ abs. Einh.}$$

Nun ist aber nach dem früher Gesagten $\gamma = 2e/4M$, also ist nach Gl. (1):

$$\gamma = \frac{e \cdot L}{2 \cdot 1,008}$$

und somit ergibt sich:

$$e \cdot L = 2,9 \cdot 10^{14} \text{ elektrost. Einh.} \quad (3)$$

Nach dieser Methode kann freilich das Produkt $e \cdot L$ bei weitem nicht so genau ermittelt werden wie nach der ersten; aber jedenfalls zeigt sich eine völlige Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen, die nach den beiden grundverschiedenen Methoden gewonnen wurden.

III. Die Szintillation. Bringt man in die Nähe eines α -Strahlen aussendenden Präparates einen Schirm, auf dessen Oberfläche Zinkblende aufgetragen ist, so zeigt sich ein ständiges Aufblitzen diskreter Lichtpunkte. Es liegt die Annahme nahe, daß jeder Lichtblitz durch das Auftreffen je eines α -Teilchens verursacht wird. Indem man ein winziges Stück des Schirmes unter dem Mikroskop betrachtet, ist es möglich, die von einem Präparate in einer bestimmten Zeit ausgesandten α -Teilchen direkt zu zählen (Rutherford und Geiger sowie Regener, 1908). Andererseits konnte man auch wieder die gesamte Ladung bestimmen, die die Strahlen mit sich führen, und so wurde es möglich, die Ladung eines einzelnen α -Teilchens

zu ermitteln. Man fand dafür $9,3 \cdot 10^{-10}$ elektrost. Einh. Da die Ladung zwei Elementarquanten beträgt, ergibt sich somit

$$e = 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ elektrost. Einh.} \quad (4)$$

IV. Die Individualbeobachtung kleiner elektrischer Ladungen. Ein kleines Materieteilchen (dessen Radius aber nicht wesentlich kleiner sein darf als etwa 10^{-4} cm) wird im Mikroskop unter dem doppelten Einfluß der eigenen Schwere und eines vertikal nach aufwärts wirkenden elektrostatischen Feldes beobachtet. Durch ein sogenanntes Einengungsverfahren läßt sich die Feldstärke ermitteln, bei der die elektrostatische Kraft dem Gewichte gleich ist, und dadurch läßt sich die kleine Ladung des Teilchens bestimmen. Indem Millikan durch radioaktive oder Röntgenstrahlung die Ladung um eine oder mehrere elementare Einheiten variierte, fand er mit sehr großer Genauigkeit schließlich:

$$e = 4,774 \cdot 10^{-10} \text{ elektrost. Einh.} \quad (5)$$

wobei der mögliche Fehler nicht mehr betragen dürfte als $0,004 \cdot 10^{-10}$, sich also nur auf die dritte Dezimalstelle beziehen könnte.

Die Kombination der sehr genauen Werte aus den Gl. (2) und (5) ergibt für die Loschmidtsche Zahl den ebenfalls sehr genauen (nur in der letzten Dezimalstelle unsicheren) Wert:

$$L = 6,061 \cdot 10^{23} \quad (6)$$

Für die Masse des Wasserstoffatoms folgt daraus nach Gl. (1):

$$M = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g.} \quad (7)$$

In zwei Gramm Wasserstoff sind danach ungefähr eine Quadrillion Atome enthalten; die Masse eines Atoms verhält sich zu der eines Steines von einigen Dekagramm so wie dessen Masse zu der der Erde.

In einem engen Zusammenhang mit der Loschmidtschen Zahl steht eine andere Konstante, die bisweilen auch so genannt wird, die besser aber heute als die Avogadrosche Zahl bezeichnet wird (sie war es allerdings, die Loschmidt selbst der Größenordnung nach berechnete). Die Avogadrosche Zahl ist die Zahl der Molekeln, die in einem Kubikzentimeter bei 0° und Atmosphärendruck enthalten sind. Diese Zahl muß nach dem Avogadroschen Gesetz bekanntlich für alle Gase dieselbe sein, so daß auch sie als eine universelle Konstante angesehen werden kann. Da 1 ccm Wasserstoff bei 0° und Atmosphärendruck 0,000 089 9 g wiegt, so folgt aus Gl. (6) für die Avogadrosche Zahl, die mit A bezeichnet werde,

$$A = 5,45 \cdot 10^{23} \quad (8)$$

B. Kombination von L und h .

Durch Planck wurde im Jahre 1900 als eine ganz neue universelle Konstante in die Physik das elementare Wirkungsquantum (h) eingeführt. Seine Existenz äußert sich nach Plancks Annahme vor allem darin, daß sich alle Strahlungsenergie aus Energiequanten von der Größe $h\nu$ zusammensetzt, wobei ν die Frequenz der Strahlung

bedeutet. Durch Kombination zweier Methoden war es *Planck* im Jahre 1900 möglich, sowohl das elementare Wirkungsquantum als auch die Loschmidtsche Zahl recht genau zu bestimmen. In den Formeln spielt eine Rolle auch die sogenannte *Gaskonstante* (R). Nach dem bekannten Gesetz der idealen Gase ist nämlich das Produkt aus dem Drucke eines Gases und seinem auf eine Gramm-molekel bezogenen spezifischen Volumen derart proportional der absoluten Temperatur, daß der Proportionalitätsfaktor R eine universelle Konstante darstellt, für die die Messungen den Wert ergaben:

$$R = 8,315 \cdot 10^7 \text{ erg/grad} = 1,976 \text{ calorie/grad.} \quad (9)$$

V. *Das Stefansche Strahlungsgesetz.* Die von einem schwarzen Körper in der Zeiteinheit ausgestrahlte Wärmemenge, bezogen auf die Einheit der Oberfläche, also das sogenannte *Emissionsvermögen*, ist, wie schon *Stefan* im Jahre 1879 entdeckte, der vierten Potenz der absoluten Temperatur proportional. Für den als *Stefansche Konstante* bezeichneten und genau meßbaren Proportionalitätsfaktor ergibt nun die Plancksche Quantentheorie die Deutung:

$$a = \frac{2 \pi^5 R^4}{15 L^4 c^2 h^3} \quad (10)$$

(c die Lichtgeschwindigkeit; übrigens wird als Stefansche Konstante auch eine andere Größe bezeichnet, die sich durch weitere Multiplikation mit $4/c$ ergibt.)

VI. *Das Wiensche Verschiebungsgesetz.* Der spezifische Anteil, der von dem gesamten Emissionsvermögen eines strahlenden schwarzen Körpers auf die einzelnen Bereiche des Spektrums entfällt, besitzt ein Maximum für eine bestimmte Wellenlänge (λ_{\max}). Wie nun *Wien* im Jahre 1895 entdeckte, verschiebt sich diese maximale Wellenlänge mit zunehmender Temperatur derart, daß das Produkt:

$$\lambda_{\max} \cdot T = b \quad (11)$$

eine universelle Konstante darstellt. Sie wird als die *Wiensche Konstante* bezeichnet, ist genau meßbar und hat nach der Quantentheorie die Bedeutung:

$$b = \frac{c h L}{4,9651 \cdot R} \quad (12)$$

wobei die im Nenner des Bruches stehende Zahl die Wurzel der transzendenten Gleichung ist:

$$\frac{x}{5} + e^{-x} = 1.$$

Die Werte der Stefanschen und der Wienschen Konstanten waren nun *Planck* aus Messungen bekannt, nämlich:

$$\left. \begin{aligned} a &= 5,29 \cdot 10^{-5} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2 \text{ sec Grad}^4} \\ \text{und} \quad b &= 0,294 \text{ cm} \cdot \text{Grad} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Indem *Planck* also die beiden Gl. (10) und (12) nach h und L als Unbekannten auflöste, fand er für das elementare Wirkungsquantum einen Wert

von $6,548 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec}$, hingegen für die Loschmidtsche Zahl:

$$L = 6,17 \cdot 10^{23} \quad (14)$$

Die Übereinstimmung zwischen diesem von *Planck* im Jahre 1900 abgeleiteten Werte und dem genauen der Gl. (6) ist eine vollkommene, wenn man die Mängel berücksichtigt, die den Messungen der Konstanten a und b anhaften.

C. Kontrolle durch Kombination von h und e .

Die bisherigen Methoden können dadurch kontrolliert werden, daß die theoretische Physik auch zu einem einfachen Zusammenhang zwischen h und e führt. Dieser Zusammenhang ergibt sich mittels eines wichtigen, von *Einstein* im Jahre 1905 aufgestellten Gesetzes, das die wechselseitige Umwandlung zwischen korpuskularer Elektronen- und elektromagnetischer Wellenstrahlung regelt. Wie das Energieelement der Wellenstrahlung dargestellt ist durch das Produkt $h\nu$, so das der korpuskulare Elektronenstrahlung durch das Produkt $e \cdot V$, wenn V die Potentialdifferenz bedeutet, der das Elektron seine kinetische Energie verdankt. Das Einsteinsche Gesetz besagt nun, daß bei Umwandlungen Frequenz der Wellenstrahlung und Potential der korpuskularen durch die Beziehung verknüpft sind:

$$h\nu = eV, \quad (15)$$

wozu noch ein additives, eine Arbeit darstellendes Glied kommen kann.

VII. *Der lichtelektrische Effekt.* Werden durch auffallende kurzwellige Strahlung aus der Oberfläche eines bestrahlten Körpers negative Elektronen losgerissen, wodurch der Körper zu einem Potential V aufgeladen wird, so ist

$$h\nu = eV + W, \quad (16)$$

wenn W die Arbeit bedeutet, die zu der Abtrennung eines Elektrons aufgewendet werden muß und die natürlich von V und ν unabhängig ist. Indem die Messungen bei verschiedener Frequenz durchgeführt werden, läßt sich das Verhältnis h/e berechnen, was mit großer Genauigkeit *Millikan* (1916) gelang. Diese Methode ergibt für den Quotienten h/e denselben Wert wie eine Division der Größen, die *Planck* für h und *Millikan* für e ermittelt hatten.

D. Kombination von L , h , e und m .

Wenn uns keine der bisher besprochenen Methoden zur Verfügung stünde, so könnten wir gleichwohl mit großer Sicherheit und Genauigkeit die Loschmidtsche Zahl mittels der im folgenden zu besprechenden teils elektrischen, teils spektroskopischen Methoden ermitteln, bei denen die Konstanten L , h und e überdies noch verknüpft erscheinen mit der Masse m der negativen Elektronen.

VIII. *Die spezifische Elektronenladung.* Nach derselben Methode wie bei den α -Strahlen läßt sich auch bei den aus negativen Elektronen zusammengesetzten Kathoden- und Betastrahlen die

spezifische Ladung ermitteln, also das Verhältnis e/m . Derartige Messungen wurden zuerst (1899) von *Kaufmann* und *Wiechert* durchgeführt; neuere Messungen ergaben recht genau:

$$\frac{e}{m} = 5,31 \cdot 10^{17} \text{ abs. Einh.} \quad (17)$$

IX. Die Rydbergsche Konstante. Wie schon *Balmer* (1885) entdeckte, sind mit außerordentlicher Genauigkeit die Frequenzen der Linien des *Wasserstoffspektrums* durch die Formel darstellbar:

$$\nu = N \left(\frac{1}{s^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (18)$$

wobei sowohl s als auch n einfache ganze Zahlen sind, N aber eine konstante Schwingungszahl von 3291 Billionen in der Sekunde bedeutet. Diese Konstante, die eine große Rolle auch in den Gesetzmäßigkeiten der Spektren anderer Grundstoffe spielt, wird als die *Rydbergsche Konstante* bezeichnet. Sie steht nun, wie zuerst der Verfasser dieses Aufsatzes und genauer später *Bohr* (1913) fanden, in einem engen Zusammenhange mit den Grundgrößen der Elektronentheorie und mit dem elementaren Wirkungsquantum. Es ist:

$$N = \frac{2 \pi^2 e^4 m}{h^3} \quad (19)$$

X. Die Violettverschiebung der Heliumlinien. Bei den Linien des Heliumspektrums zeigten sich zunächst vermeintliche Abweichungen zwischen der *Bohrschen Spektraltheorie* und der Beobachtung. Die Linien schienen tatsächlich etwas weiter gegen das Violette zu liegen, als es nach der Theorie erwartet wurde. Indem später *Bohr* in seiner Theorie auch den Umstand berücksichtigte, daß bei der Elektronenbewegung, die die Spektrallinien hervorruft, auch der *Atomkern mitgeführt* wird, gelang es ihm, die vermeintlichen Abweichungen vollkommen zu erklären. Weil die Kerne des Wasserstoff- und des Heliumatoms verschieden schwer sind, so scheint auch für die Spektren der beiden Elemente die Rydbergsche Konstante verschiedene Werte zu besitzen, die etwa mit N_H und N_{He} bezeichnet werden mögen. Die Theorie führt nun zu der Formel:

$$\frac{m}{M} = \frac{N_{He} - N_H}{N_H - \frac{1}{3,97} N_{He}}, \quad (20)$$

wobei die Zahl 3,97 das Verhältnis zwischen den Atomgewichten von He und H darstellt. Für die beiden Größen N_H und N_{He} ergaben nun die spektroskopischen Messungen mit außerordentlicher Genauigkeit:

$$\begin{aligned} N_H/c &= 109\,677,69 (\pm 0,06); \\ N_{He}/c &= 109\,722,14 (\pm 0,04), \end{aligned} \quad (21)$$

woraus folgt:

$$\frac{M}{m} = 1845 \quad (22)$$

(Die genaue Berechnung müßte allerdings, was

hier nicht geschah, auch den geringfügigen, weniger als 1‰ ausmachenden Unterschied zwischen der Masse des Atomkernes und des ganzen Atoms berücksichtigen.)

XI. Die Feinstruktur der Spektrallinien. In stark auflösenden Spektralapparaten erweisen sich die Linien der optischen Wasserstoffserie als *Dublette* von konstanter Schwingungsdifferenz $\Delta\nu$. Für die Schwingungsdifferenz $\Delta\nu$, die entweder am Wasserstoffspektrum gemessen werden kann oder am Heliumspektrum, wo sie sechzehnmal größer ist, ergibt die *Sommerfeldsche Theorie der Feinstruktur* die Beziehung:

$$\Delta\nu = \frac{N \pi^2 e^4}{4 h^2 c^2} \quad (23)$$

Indem nun die Gl. (17), (19), (22) und (23) angesehen werden als vier Gleichungen mit den vier Unbekannten e , m , M und h , können aus den vier Gleichungen diese fundamentalen Konstanten berechnet werden. Die Werte, die man so für e , M und h erhält, sind dieselben wie die mittels anderer Methoden abgeleiteten. Man erkennt dies am einfachsten, indem man aus dem bekannten Werte von e zunächst mittels der Gl. (17) m berechnet und dann die Werte von e , m , M und h in die Gl. (19), (22) und (23) einsetzt, die sich sodann genau erfüllt zeigen. Da mit besonderer Genauigkeit die Größen e und e/M [nach Gl. (1) und (2)], mit ziemlicher Genauigkeit auch das Verhältnis e/m bekannt sind, kann man umgekehrt auch wieder die Gl. (19) zu einer sehr genauen Bestimmung des elementaren Wirkungsquantums benutzen; denn die Rydbergsche Konstante läßt sich bei Berücksichtigung der Mitführung des Atomkernes äußerst genau berechnen zu

$$N/c = 109\,737,11 (\pm 0,06), \quad (24)$$

woraus für das elementare Wirkungsquantum der genaue Wert folgt:

$$h = 6,545 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec} (\pm 0,012 \cdot 10^{-27}). \quad (25)$$

Mit der Größe M ist natürlich nach Gl. (1) auch die Loschmidtsche Zahl gegeben.

E. Die unmittelbare Bestimmung von L .

Von großer Bedeutung ist es, daß sich die Loschmidtsche Zahl auch direkt ermitteln läßt, ohne daß hierzu eine Kombination mit den Konstanten e , h und m nötig wäre. Allerdings sind diese Methoden, auf die nur kurz zum Schlusse hingewiesen sei, weniger genau als die bisher besprochenen.

XII. Die Brownsche Bewegung. Auf Grund einer von *Einstein* (1905) entwickelten Theorie ist es möglich, die Loschmidtsche Zahl zu bestimmen, indem man unter dem Mikroskop die Brownsche Bewegung eines suspendierten Teilchens messend verfolgt. So fand *Perrin* für L etwa $7 \cdot 10^{23}$ (in allerletzter Zeit *Erich Schmid* in Wien $5,94 \cdot 10^{23}$).

XIII. Die Emulsionen. Wenn in einer Flüssigkeit Teilchen einer Substanz suspendiert sind, die

groß sind gegenüber den Flüssigkeitsmolekeln, so spricht man von einer Emulsion. Unter dem doppelten Einfluß der Schwere und der Molekularbewegungen stellt sich in der Verteilung der Teilchen über die verschiedenen Höhenlagen ein statistisches Gleichgewicht ein. Aus dessen Messung vermochte Perrin die Loschmidtsche Zahl zu $6,8 \cdot 10^{23}$ zu berechnen.

Innerhalb der Fehlergrenzen führen so die besprochenen voneinander unabhängigen Methoden doch zu denselben Werten von L . Wenn es als ein Argument für die Existenz der Außenwelt gilt, daß Gesichts-, Gehörs- und Tastempfindungen zu denselben Objekten führen, dann darf auch die Tatsache, daß sich die Loschmidtsche Zahl nach grundverschiedenen Methoden doch immer in denselben Werte ergibt, angesehen werden als ein sicherer Beweis für die wirkliche Existenz der Atome.

Das Problem der Geschlechtsumstimmung und die sogenannte Verjüngung.

Von W. Harms, Marburg.

Die Keimdrüsen nehmen eine Sonderstellung im Organismus ein, insofern als sie gleichzeitig die Fortpflanzungszellen bilden und vermöge der Inkretion diejenigen somatischen Organe zur Ausbildung bringen, die mit der Fortpflanzung im Zusammenhang stehen. Sie setzen sich zusammen aus dem generativen und intergenerativen Anteil. Den letzteren kann man auch als sexuellen Hilfszellkomplex bezeichnen. Der generative Anteil, der aus den Keimzellen besteht, wird schon früh, bei sehr vielen Tieren in den ersten Stadien der Furchung, von den Somazellen abgegliedert. Die Keimzellen nehmen so eine von den somatischen Zellen gesonderte Entwicklungsrichtung, die wir als Keimbahn bezeichnen. Da die Keimzellen so eine Kontinuität in der Reihe der aufeinanderfolgenden Generationen beibehalten, so sind sie theoretisch unsterblich.

Die generativen Anteile der männlichen und weiblichen Keimdrüse der Wirbeltiere sind nun nicht eigentlich homolog (Kohn 1920). Die Hoden sind gewissermaßen distalwärts orientiert. Die ursprüngliche Keimepithelanlage wird zu einem indifferenten Endothel. Die vom Keimepithel sich bildenden Sexualstränge jedoch werden zu den Samenkanälchen, die Anschluß an die Urnierenkanälchen gewinnen und damit sich einen Weg nach außen durch das Nierensystem schaffen. Das Ovarium ist umgekehrt orientiert. Die Oberfläche, das ursprüngliche Keimepithel, wird zum funktionierenden Teil. Die Markstränge (= Sexualstränge des Hodens) dagegen obliterieren.

Der intergenerative Anteil besteht aus Bindegewebe, Blutgefäßen, Nerven und eigenartigen Zellsträngen, die als Leydigsche Zellen, Zwischen-

zellen, Interstitium oder Pubertätsdrüse bezeichnet werden. Im Ovarium bilden sie keine so kompakte Masse im Stroma, während sie im Hoden sehr deutlich als Zellstränge zwischen den Samenkanälchen ausgeprägt sind. Der von Steinach gewählte Name „Pubertätsdrüse“ ist an sich treffend. Aber der Beweis, daß wir es hier wirklich mit einer Pubertätsdrüse zu tun haben, d. h. eine Drüse, die vermöge ihrer Inkretion sämtliche sekundären Geschlechtsmerkmale, auch unabhängig von den Keimzellen zur Ausprägung zu bringen vermag, ist bisher nicht erbracht. Dagegen konnte Harms feststellen, daß in einigen Fällen (Regenwurm und Kröte) die Keimzellen allein imstande sind, die sekundären Geschlechtsmerkmale zur Entwicklung zu bringen. Wenn die Auffassung der älteren Autoren (z. B. Nußbaum 1880) richtig ist, so sind die Zwischenzellen, die Hoden und das Ovarium, abortive Geschlechtszellen. Diese Auffassung wird jedoch bestritten, da andere Autoren sie für Derivate des Mesonephros halten, andere wieder für umgewandelte Bindegewebszellen. Die Zwischenzellen sind nun besonders mächtig während des Endes der Fötalzeit und Anfang der Postfötalzeit entwickelt. Es liegt daher der Gedanke nahe, daß bei den Säugetieren die Zwischenzellen die sekundären Geschlechtsmerkmale auf inkretorischem Wege zur Entwicklung bringen könnten, zumal wenn die Auffassung richtig ist, daß sie Keimzellenderivate sind.

Mit der Entfaltung der spezifischen sekundären Geschlechtsmerkmale durch die Inkretion der männlichen oder weiblichen Keimdrüsen darf nun die Geschlechtsbestimmung selbst nicht ohne weiteres in Beziehung gebracht werden. Diese wird durch die Befruchtung festgelegt, und zwar durch den Geschlechtschromosomenmechanismus. Eine totale geschlechtliche Umstimmung ist also nur durch die Beeinflussung des Befruchtungsmechanismus zu erzielen. Die Versuche von Hertwig u. a. haben erwiesen, daß man bei Fröschen und Kröten durch Befruchtung von überreifen Eiern imstande ist, nur Männchen zu erzielen. Die Versuche von Braks und namentlich die ausgedehnten und theoretisch gut ausgewerteten von Goldschmidt haben erwiesen, daß man durch Kreuzung von geeigneten Schwammspinnervarietäten beliebig geschlechtliche Zwischenformen oder nur Männchen in einem Gelege erzielen kann. Nach Goldschmidt sind diese Umstimmungen auf Störung der enzymatischen Wirkung der Geschlechtschromosomen, vermöge deren die Inkretion zur Entfaltung kommt, zu erklären. Bei Säugetieren sind derartige totale Umstimmungen noch nicht erreicht worden, eine partielle läßt sich jedoch durch Vertauschen der Keimdrüsen bald nach der Geburt (Steinach u. a.) bei Ratten und Meerschweinchen erzielen. Ein Dauererfolg läßt sich nur durch Verwandtschaftstransplantation (Syngenesioplastik), z. B. bei Bruder und Schwester, erreichen. Ich habe derartige

Versuche vor dem Kriege und seit 1919 ebenfalls angestellt, habe aber mit der Veröffentlichung gewartet, weil mir wichtige Tatsachen nicht mit den Steinachschen Befunden in Einklang zu stehen schienen. Schon 1914 erwähnte ich in meinem Buche „Über die innere Sekretion der Keimdrüsen“, Jena 1914, die Tatsache, daß *Steinach* nichts über den Uterus masculinus bei feminierten Meerschweinchen sagt. Dieser Uterus masculinus ist wenige Tage nach der Geburt ebenso stark entwickelt wie der weibliche Uterus; er müßte sich also unter dem Einfluß der Ovarien bei fehlenden Hoden zu einem weiblichen Uterus entwickeln.

Steinachs Versuche bringen tatsächlich sehr viel Schönes und Richtiges, aber manches hält doch nicht einer sachgemäßen Kritik stand. Wenn man an das Problem der Geschlechtsumstimmung durch Keimdrüsen austausch herangeht, so muß man sich zunächst fragen, was überhaupt erwartet werden kann. Der Keimdrüsen austausch kann naturgemäß erst nach der Geburt angestellt werden; die Tiere sind dann aber schon typische Männchen und Weibchen mit Hoden oder Ovarien, wenn auch die zugehörigen Geschlechtsmerkmale noch unentwickelt sind. Letztere sind indessen bis auf die Milchdrüsen, die noch indifferent sind, schon vorhanden. Würden die sekundären Merkmale nun wirklich umgestimmt, so müßten sie erst auf die indifferente Norm zurückkehren und sich dann entgegengesetzt geschlechtlich neubilden. Die Homologien zwischen dem männlichen und weiblichen Urogenitalsystem des männlichen und weiblichen Meerschweinchens sind nun allerdings wenige Tage nach der Geburt noch sehr enge. Besonders kommt das in dem männlichen und weiblichen Uterus zur Ausprägung. Entfernt man also einem wenige Tage alten Meerschweinchenmännchen die Hoden und transplantiert ihm die Ovarien seiner Wurfchwester, so bleibt trotzdem der Uterus masculinus auf infantiler Stufe stehen, etwa wie beim Kastraten. Er wird aber nie zu einem weiblichen Uterus. Auch die Kopulationsorgane bleiben beim sogenannten masculinierten und feminierten Meerschweinchen auf infantiler Stufe stehen und wandeln sich nicht in das Organ des entgegengesetzten Geschlechtes um. Transplantiert man bei der Feminierung mit dem Ovarium auch die Tuben und einen Teil des Uterus, so entwickeln sich diese allerdings im ursprünglich männlich veranlagten Tiere in weiblicher Richtung weiter, wie das auch *Steinach* festgestellt hat. Auch die von *Steinach* behauptete psychische sexuelle Umstimmung habe ich nicht in klarer Weise beobachten können. Manchmal scheint es allerdings, als ob feminierte Meerschweinchen mehr weibliche sexuelle Neigung, die masculinierten mehr männliche hätten. Über Ratten, die nach *Steinach* besonders geeignet sein sollen, habe ich keine Erfahrungen.

Man muß hier meiner Meinung nach außerordentlich vorsichtig sein, denn auch normale Meerschweinchenmännchen werden manchmal von normalen Weibchen besprungen, wie das auch sonst bei Tieren oft beobachtet wird. Ein sehr wichtiges Steinachsches Resultat kann ich allerdings ohne Einschränkung bestätigen: das ist die Entfaltung der Milchdrüsen beim feminierten Meerschweinchen. Diese unterscheiden sich nicht vom normalen weiblichen Meerschweinchen; die Drüsen produzieren sogar Milch, so daß hier eine wirkliche Umstimmung vorliegt. Nun sind allerdings zu Beginn des Versuches die Milchdrüsen scheinbar noch wirklich indifferent, so daß sie beim Männchen sich unter Einfluß des weiblichen Ovariums in weiblicher Richtung zu entwickeln vermögen. Wir wissen nun allerdings noch sehr wenig über die Ursachen, die zur Entfaltung und Funktion der Milchdrüsen führen. Man beobachtet manchmal sogar, daß bei männlichen Kastraten die Milchdrüsen zur Entwicklung kommen, und bei während der Laktationszeit ovariotomierten Kühen hält die Laktationsperiode weit über die übliche Zeit an. Es müßten also auch hier noch weitere klärende Versuche angestellt werden.

Weitere Versuche zur Feminierung habe ich seit 1913 an Kröten angestellt. Die männlichen Kröten haben neben dem Hoden noch ein *Biddersches Organ*, das als rudimentäres Ovarium aufgefaßt werden muß. Bei 10 % aller männlichen Kröten der Umgebung Marburgs findet man einen Teil des Bidderschen Organs zu einem völlig normalen kleinen Ovarium umgebildet. Trotzdem verhalten sich diese Tiere wie typische Männchen, die auch fruchtbare Begattungen ausführen können. Bei derartigen Tieren, ebenso wie bei ganz jungen Kröten habe ich nun die Hoden entfernt, so daß die Tiere jetzt neben dem Bidderschen Organ nur noch ein Ovarium besaßen. Bisher ist es mir nicht gelungen, trotz zahlreich angestellter Versuche eine geschlechtliche Umstimmung zu erzielen. Die Tiere bleiben Männchen, wenn auch die sekundären Geschlechtsmerkmale sich nicht mehr ganz so stark entwickeln wie beim normalen Männchen. Die Tiere behalten den Klammerreflex, wenn auch schwächer, bei; der männliche Brunstlaut ist, wenn auch etwas abgeschwächt, vorhanden; die Daumenschwielen kommen allerdings nicht mehr zur Entfaltung.

Nach den bisherigen Untersuchungen läßt sich zusammenfassend sagen, daß eine totale Geschlechtsumstimmung bei Wirbeltieren durch Keimdrüsen austausch bisher nicht erzielt worden ist und daß bei Anstellung des Versuches nach der Geburt ein solcher auch wohl nicht erzielt werden kann. In gewisser Weise wird im günstigsten Falle ein intersexueller Zustand durch das vicarierende Einsetzen einer heterologen geschlechtlichen Inkretion erreicht werden können.

Als positives Resultat aller dieser und vieler

anderer Versuche kann man aber jetzt als bewiesen ansehen, daß die Keimdrüse vermittels ihrer Inkretion einen spezifisch bestimmenden Einfluß auf die männlichen oder weiblichen psychischen und somatischen Geschlechtsmerkmale haben muß, und daß nach ihrer Entfernung schwere Ausfallserscheinungen hervorgerufen werden, die nicht allein auf die Ausfallserscheinungen der Keimdrüsen zurückzuführen sind, sondern auch auf die Störung des gesamten inkretorischen Gleichgewichts. Diese Ausfallserscheinungen lassen sich durch Wiedereingangssetzung der Inkretion beheben. Wir wissen nun auch, daß die Keimdrüsen korrelativ mit anderen inkretorischen Systemen verknüpft sind, so daß, wenn eine Drüse ausfällt, eine andere in gewisser Weise kompensatorisch dafür eintreten kann. Es ist also anzunehmen, daß, wenn man eine inkretorische Ausfallserscheinung durch Transplantation behebt, auch die anderen inkretorischen Drüsen günstig beeinflusst werden. Bei Alterserscheinungen sehen wir nun, daß eine Reihe von Symptomen wohl sicher auf senile Degeneration inkretorischer Drüsen, z. B. auch der Keimdrüsen, zurückzuführen sind.

Es lag daher nahe, die senilen Alterserscheinungen, soweit sie sich zunächst auf die Sexualsphäre beschränken, durch Transplantation von Keimdrüsen zu beheben. Solche Versuche führte ich 1911/14 am Meerschweinchen aus und habe in letzter Zeit auch solche an Hunden angestellt, worüber ich jetzt berichten möchte.

Wir kennen zwei Methoden, um die Inkretion bei Wirbeltieren wieder in Gang zu bringen. Die Regenerations- und die Transplantationsmethode. Die erstere Methode kann man bei Säugern nur, wie das auch *Steinach* 1920 angibt, in den Anfangsstadien der Senilität anwenden. Beim Hoden läßt sich eine Neubelebung der Inkretion durch Unterbindung des Vas deferens oder der Ductuli deferentes (*Steinach*) oder durch Reponierung des Hodens in die Bauchhöhle (*Harms*) erzielen. Die Versuche, die *Steinach* 1920 nach dieser Richtung angestellt hat, ergaben, daß bei scheinbar senilen Tieren der Begattungstrieb und die Potentia sich wieder einstellten. Das Haar Kleid wurde wieder glatt und voll, die Munterkeit und die Kampflust bei den Männchen stellten sich wieder ein. Bei der Schilderung der Versuche *Steinachs* vermißt man, daß die negativen Erfolge nicht genügend erwähnt werden, außerdem waren die zur Operation kommenden Tiere oft rüdig, so daß sie erst mit Desinfektionsmitteln behandelt werden mußten. Die Räude und die Behandlung konnten sowieso eine gewisse Hinfälligkeit bedingen, so daß die an und für sich schwierige Beurteilung einer Senilität bei einem Tier noch mehr erschwert wurde. Die Versuche wurden außerdem oft im Frühjahr angestellt. In dieser Jahreszeit aber bekommen ältere Tiere, die schon eine Zeitlang impotent waren, häufig von neuem wieder einen regen Geschlechtstrieb. Trotzdem

sind eine Reihe von *Steinachs* Versuchen als beweisend zum mindesten für die Erweckung der Potenz anzusehen. Sie stimmen auch mit meinen früher angestellten Versuchen in allen Einzelheiten bezüglich auch der sonstigen Resultate überein. Die Methode *Steinachs* ist auch bei Menschen von *Lichtenstern* angewandt worden. Er berichtet von 26 Fällen, darunter 18 älteren Individuen. 5 Fälle davon werden beschrieben (Alter 43—71 Jahre). Ein Erfolg war in diesen Fällen zwischen 8 Wochen bis 5 Monaten nach der Operation zu konstatieren. Allerdings sind auch negative Erfolge zu verzeichnen. Es stellte sich eine Besserung des Allgemeinbefindens ein, die Haut wurde wieder elastischer und die Behaarung reichlicher. Libido und Potentia coeundi stellten sich wieder ein. Da die Vasektomie schon sehr häufig nach Prostatahypertrophie ausgeführt worden ist, so ist es eigenartig, daß Fälle von sogenannter Verjüngung bisher noch nicht oder nur sehr selten beobachtet worden sind, auch ist die Vasektomie nach der Statistik nach *v. Frisch* 1895 nicht ganz ungefährlich (s. darüber *Pütter*, d. Zeitschr. 8. Jahrg. Heft 49). Durch die reklamehafte Behandlung des Verjüngungsproblems in der Tagespresse ist es um so mehr nötig, diesen Fragen so kritisch wie möglich gegenüberzutreten. Die Versuche waren meines Erachtens noch nicht reif, aus dem Laboratorium heraus an die große Öffentlichkeit gebracht, geschweige denn auf den Menschen übertragen zu werden. Die kritischen Darlegungen von *Stieve*, *Romeis* und namentlich *Pütter*, der den Begriff der Verjüngung genauer begrenzt und darlegt, welche methodischen Schwierigkeiten ein exakter Nachweis von Verjüngungsvorgängen bereitet, haben in dieser Richtung schon vorgearbeitet und sind sehr zu begrüßen. Übrigens hat diese Veramerikanisierung eines wissenschaftlichen Problems erst verspätet bei uns eingesetzt, denn nach dem Bericht von *Lydston* und *Stanley* haben wir in den Jahren 1916—20 dieselbe Erscheinung in Frankreich, England und Amerika. Also schon vor *Steinachs* Publikation.

Ich gehe nun dazu über, neue Ergebnisse zu dieser Frage beizubringen. Nachdem meine früheren Versuche während der Kriegszeit durch meinen Eintritt in das Heer unterbrochen wurden, konnte ich sie nach Beendigung des Krieges erst allmählich wieder aufnehmen, weil, um ein sicheres Urteil über die Senilität zu gewinnen, man geeignete Tiere erst längere Zeit genau beobachten muß. Ich wählte diesmal zu Versuchstieren *Hunde*, weil diese Tiere durch ihre höhere Intelligenz und ihre nahe Beziehung zum Menschen ein sicheres Urteil zulassen. Meine jetzigen Beobachtungen zeigen, daß eine Wiedererweckung der Potenz, wie ich das auch schon beim Meerschweinchen 1914 nachwies, beim Hunde noch nach jahrelanger Impotenz möglich ist. Die Regenerationsmethode (Vasektomie oder künstlicher Kryptorchismus) wirkt nur bei Tie-

ren, die noch im Anfang der Senilität stehen. Ist der Hoden oder das Ovarium noch nicht so stark degeneriert, daß die wichtigsten Zellelemente völlig funktionsunfähig geworden sind, so wirkt noch eine Autoplastik mit darauf folgender Regeneration der Keimdrüsen-elemente. Ist die Keimdrüse jedoch sehr stark degenerativ verändert bei weit vorgeschrittener Senilität, so hat am ersten noch eine Syngenesioplastik mit Hoden- oder Ovarialstückchen letztgeborener Kinder Erfolg. Ungünstiger ist schon die Homoplastik. Man kann diese indessen günstiger gestalten durch Ausgleich der biochemischen Differenz, wie ich das 1914 schon veröffentlicht habe, dadurch, daß man mehrmals in gewissen Zeitintervallen Stücke einer Keimdrüse von demselben Spender transplantiert.

Einige Hundeversuche sind besonders lehrreich, sie mögen deshalb hier Erwähnung finden¹⁾.

Versuch I. Hündin Nr. A. Foxterrier, 14 Jahre alt. War nie belegt, ist immer brünstig gewesen. Rechts und links beginnender seniler Star. An den hinteren Extremitäten treten oft leichte Lähmungen auf. Sonst ist das Tier noch ziemlich munter.

11. 9. 20. Der Hündin wird ein Ovarium einer 1½-jährigen Hündin mit 7 Wochen alten Jungen transplantiert. Die Heilung erfolgt bis auf einige Fadenrestabstoßungen normal. Das Tier ist bis Mitte Oktober sehr dekrepid, so daß durch die Transplantation ein *verschlechternder Einfluß auf das Allgemeinbefinden* ausgeübt wurde.

20. 10. 20. Die Hündin wird wieder munterer, und das Transplantat wird allmählich kleiner. Es treten plötzlich abgeschwächte Brunsterscheinungen auf, die mehrere Tage andauern, aber nicht bis zum Höhepunkt anschwellen.

3. 12. 20. Das Allgemeinbefinden, das schon im November wieder schlechter geworden war, sinkt noch immer mehr herab. Die Hündin schreit oft scheinbar unmotiviert vor Schmerz auf. Das Tier wird getötet. Das Ovarium zeigt Proliferationen und frische Corpora lutea. Eine enorm starke Follikelatresie ist vorhanden. Der Uterus ist daumendick aufgetrieben und mit einer serösen Flüssigkeit angefüllt, die Wände sind papierdünn. Die übrigen Drüsen mit innerer Sekretion zeigen noch ein ziemlich normales Bild.

Dieser Versuch zeigt, daß durch die Transplantation vielleicht eine abgeschwächte Brunsterscheinung hervorgerufen worden ist, sonst aber ist das Tier, soweit sich das feststellen läßt, in seinem Allgemeinbefinden in *ungünstiger Weise* beeinflusst worden.

Versuch II. Hündin B. Ohne Rassé, spitz-

¹⁾ Für die Überlassung des mir sehr wertvollen Versuchsmaterials bin ich Frau Dr. Schirmeyer, Herrn Geheimrat Dr. Hofmann und besonders Herrn Prof. Dr. Kutscher zu herzlichem Dank verpflichtet.

artige Figur, lange glatte Behaarung, genaues Alter unbekannt. Wurde vor 8 Jahren trächtig in das Physiologische Institut eingeliefert. Im Frühjahr 1916 letzter Wurf. Seitdem war das Tier regelmäßig brünstig, blieb aber steril. Seit 1915 trat Hautjucken auf, verbunden mit Haarausfall, seit 1919 verstärkt sich dieser rapide, so daß Hals, Brust, Bauch und Hinterbacken vollständig nackt sind, auch das übrige Haarkleid ist sehr dünn. Die Hündin ist außerordentlich lebhaft, Augen klar, hinten rechts Lähmung.

11. 9. 20. Transplantation wie Versuch I. Heilung per primam.

20. 9. 20 schwache Brunsterscheinung, 5. 10. 20. die Haare beginnen von neuem zu sprießen; das Tier ist viel munterer; die Lähmung ist *nicht* wesentlich gebessert.

21. 10. 20. Die Haare sind 3 cm lang. Das Transplantat ist noch gut palpabel.

15. 12. 20. Die Hündin hat eine normale stark ausgeprägte Brunst und wird belegt.

14. 1. 21. Das Allgemeinbefinden ist schlechter geworden, es besteht verstärkte Inkontinenz. Da plötzlich ein Prolapsus vaginae auftritt, wird die Hündin am 16. 1. 21 getötet. Das *Haarkleid* ist *vollständig normal* und *dicht* geworden. Die vorhanden gewesene Trächtigkeit ist durch Abort unterbrochen. In einem Uterushorn befindet sich noch eine Plazenta mit teilweise erhaltenem Embryo. Die inneren Organe sind bis auf einen Ovarialtumor und eine Nierencyste normal.

Auch in diesem Versuch ist scheinbar unter Einwirkung des Transplantats eine anormale schwache Brunst aufgetreten. Vor allem aber ist das defekte Haarkleid wieder durchaus normal geworden, wie das meine früheren Versuche an Meerschweinchen und die Steinachschen an Ratten ebenfalls erwiesen hatten.

Versuch III. Hund A. Teckelrüde, nachweislich 17 Jahr alt. Struppiges glanzloses Fell. Haare auf dem Rücken zum Teil ausgefallen. Zähne zum Teil wackelig, zum Teil ausgefallen. Kann keine Knochen mehr verbeißen, schluckt sie, wenn sie klein genug sind, heil herunter. Vorgeschrittener seniler Star. Sieht nur bewegte Gegenstände. Kontaktgeruch noch vorhanden, Ferngeruch fast gänzlich geschwunden. Hört kaum noch. Liegt teilnahmslos den ganzen Tag schlafend in seiner Kiste. Potenz schon seit Jahren nicht mehr vorhanden. Erektionen sind auch auf Reize hin nicht auszulösen. Ist nicht mehr stubenrein. Überall auf der Haut erbsengroße bis kirschgroße Talgdrüsentumoren, die zum Teil ulcerieren. Vasektomie und Autotransplantation von Hodenstücken sind erfolglos. Die histologische Untersuchung eines Hodenstückchens ergibt, daß dieses stark degenerativ verändert ist. Interstitium spärlich, nur wenige Samenkanälchen enthalten noch Samenzellbildungsstadien, bis zum reifen beweglichen Spermatozoon.

6. 9. 20. Hoden eines drei Monate alten Hundes transplantiert.

9. 9. 20 schwache Erektionen, die am 10. und 11. kräftiger werden.

13. 9. 20. Das Tier läuft lebhaft umher; verteidigt sein Lager; die Hautwucherungen beginnen sich zurückzubilden.

17. 9. 20. Geht im Haus und im Garten umher, das Hautkleid wird glänzender.

19. 9. 20. Eine dem Hund vorgeführte Hündin setzt ihn in Erregung. Er verliert sie jedoch sofort wieder, da er sie durch seine Sinne auf die Ferne nicht wittern kann.

22./25. 9. Der Hund wird wieder träger, die Tumoren wachsen wieder. Die Erektionen werden schwächer.

8. 10. Ein halber Hoden von dem ersten Spender transplantiert.

11. 10. wieder spontane Erektionen.

21. 10. auffallend munterer, die Tumoren gehen wieder zurück. Der Hund kann wieder auch ziemlich harte Knochen zerbeißen.

17. 11. Die Tumoren beginnen wieder zu wachsen. Die Erektionen sind schwächer geworden und das Tier wird wieder träger. $\frac{1}{2}$ Hoden desselben Spenders transplantiert.

22. 11. übernormal andauernde Erektionen. Die Tumoren gehen wieder zurück. Der Hund wälzt sich morgens vor Behagen auf dem Teppich wie ein normaler Hund, und bekommt dabei Erektionen.

Der Hund ist bis heute, 14. Februar 1921, noch unter meiner Beobachtung, und ich hoffe, ihn bis zum natürlichen Tode halten zu können. Das Haarkleid ist auch heute noch glänzend und voll. Erektionen sind noch vorhanden. Die Tumoren sind nicht wiedergekommen, an ihrer Stelle sind erbsengroße kahle Flecken verblieben. Die *senile Degeneration der Sinnesorgane* ist in keiner Weise gebessert worden. Die Alterserscheinungen haben insofern zugenommen, als der Hund steifer geworden ist als Ende November, immerhin ist er noch viel lebhafter und beweglicher als zu Anfang des Versuches. Er springt auch noch mit Leichtigkeit in seine etwa 30 cm hohe Kiste hinein, was er im August vorigen Jahres nicht konnte oder nicht tat.

An diesem Versuch ist besonders bemerkenswert, daß die Potenz nach jeder erneuten Transplantation in verstärktem Maße geweckt worden ist und daß jede folgende Transplantation von demselben Spender wirksamer war als die vorhergehende, weil die biochemische Differenz allmählich ausgeglichen wurde. Die Tumoren haben sich nach der dreimaligen Transplantation genau entsprechend der Wirksamkeit des Transplantates und damit erneuter Inkretion gingen sie zurück, während sie wieder zu wuchern begannen, wenn bei Beginn der Resorption des Transplantates die Hormonbildung aufhört. Zur Ver-

anschaulichung der Wirkungsweise der Hormone der Transplantate und der damit zusammenhängenden Beeinflussung der Talgdrüsentumordiene beifolgende Kurve (s. Fig. 1). Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß diese Ergebnisse vielleicht eine Bedeutung für die Bekämpfung von Neubildungen auf inkretorischem Wege bekommen könnten. Vielleicht sind auch die häufigen Neubildungen des weiblichen Genitalsystems auf eine Störung der Inkretion des Ovarialsystems zurückzuführen.

Durch den zuletzt erwähnten Versuch ist eine entschiedene Besserung des Allgemeinbefindens erreicht worden. Der Appetit hat

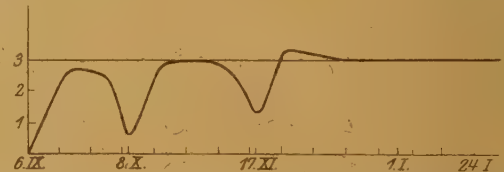


Fig. 1. Kurve, um den Verlauf der Hormonwirkung der aufeinanderfolgenden Hodentransplantationen auf die Stärke der Erotisierung und der damit zusammenhängenden Besserung des Allgemeinbefindens und Rückbildung der Tumoren zu zeigen. Auf der Abszisse sind die Versuchstage in Millimetern angegeben. 6. IX., 8. X. und 17. XI. 20 sind die Tage der Transplantation. Auf den Ordinaten die Stärken der Erotisierung; bei 3 der normale Zustand.

sich wieder gebessert, das Haarkleid ist voll und glänzend, die Kampflust hat sich wieder eingestellt, die Zähne sind wieder fester geworden, der Hund kann wieder selbst harte Knochen zerbeißen.

Nicht gebessert sind dagegen die Alterserscheinungen, die mit dem Nervensystem zusammenhängen.

Will man überhaupt von einer Verjüngung sprechen, so läge hier wohl ein Fall vor, wo wir es im Pütterschen Sinne mit einer *Teilverjüngung* zu tun hätten. Man kann diese vielleicht so definieren, daß sie durch ein erneutes Aktivwerden der letzten noch vorhandenen Kräfte im Organismus durch verstärkten oder erneuten Einfluß wichtiger Inkrete, zunächst der eingepflanzten Keimdrüsen, hervorgerufen worden ist. Vielleicht kann man auch annehmen, daß damit eine korrelative Beeinflussung des Organismus durch andere inkretorische Drüsen Hand in Hand gegangen ist.

Es ist so vielleicht möglich, auf dem Wege der Beeinflussung aller inkretorischen Organe zu erneuter Hormonbildung, senile Ausfallserscheinungen, die durch die Unterfunktion des inkretorischen Systems bedingt sind, zu beheben. Es liegt dann im Bereich der Möglichkeit, daß der normale physiologische Tod, der Gehirntod im Sinne Ribberts, erreicht wird, der durch Degeneration lebenswichtiger Ganglienzentren erfolgt.

Literatur:

Beck, Eugen, Talgdrüsentumoren beim Hunde und ihre Beziehungen zu den Adenomata sebacea (Naevi

- sebacei) des Menschen. Inaugural-Dissertation, Leipzig 1910.
- Kammerer, Paul, Steinachs Forschungen über Entwicklung, Beherrschung und Wandlung der Pubertät. Springer, Berlin 1919.
- Poll, Heinrich, Die biologischen Grundlagen der Verjüngungsversuche von Steinach. Med. Klinik, Berlin, Nr. 36, 1920.
- Pütter, A., Der Nachweis der Verjüngung. Die Naturwissenschaften Heft 49, 8. Jahrg., 1920.
- Harms, W., Experimentelle Untersuchungen über die innere Sekretion der Keimdrüsen und deren Beziehung zum Gesamtorganismus. Fischer, Jena 1914.
- Harms, W., Über Versuche zur Verlängerung des Lebens und zur Wiedererweckung der Potenz. Zool. Anz. LI, Nr. 8/10, 1920.
- Harms, W., Beobachtungen über den natürlichen Tod der Tiere. Erste Mitteilung: Der Tod bei Hydroides pectinata Phil. Zool. Anz. XL, Nr. 4/5, 1912.
- Lichtenstern, Rob., Die Erfolge der Altersbekämpfung beim Manne nach Steinach. Berliner Klin. Wochenschrift LVII, Nr. 42, 18. Okt. 1920.
- Romeis, B., Steinachs Verjüngungsversuche. Münchner Med. Wochenschr. Nr. 35, 67. Jahrg.
- Steinach, E., Willkürliche Umwandlung von Säugermännchen in Tiere mit ausgeprägt weiblichen Geschlechtscharakteren und weiblicher Psyche. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol., 144. Bd., 1912.
- Steinach, E., Pubertätsdrüsen und Zwitterbildung. Archiv für Entwicklungsmechanik XLII, Heft 3, 1916.
- Steinach, E., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse. Springer, Berlin 1920.
- Stieve, H., Verjüngung durch experimentelle Neubildung der alternden Pubertätsdrüse. Die Naturwissenschaften VIII, Heft 33, 1920.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

Am 9. und 10. Oktober 1920 fand zu Berlin die Jahresversammlung der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft statt, die von 79 Mitgliedern und Gästen besucht war; unter diesen viele auswärtige Ornithologen. Die Sitzung am 9. 10. in der Landwirtschaftlichen Hochschule eröffnete der Vorsitzende Oberstleutnant v. Lucanus mit einer Begrüßungsansprache, in der er die reiche Arbeit der Ornithologen während des Krieges würdigte und der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften den Dank der Ornithologischen Gesellschaft für das der Vogelwarte Rossitten zur Verfügung gestellte Gebäude aussprach. Hierauf hielt Dr. Heinroth einen Vortrag über „die körperliche und geistige Entwicklung der einheimischen Vögel“. An der Hand von 102 vorzüglichen selbst angefertigten Lichtbildern gab er einen Überblick über Befiederungsweise, Wachstumsgeschwindigkeit und Entwicklung der Instinkte von 42 Vogelarten als Hauptvertreter der verschiedenen Gruppen.

Graf Zedlitz gab alsdann eine „Ornithologische Reiseskizze aus Schweden“ und wies darauf hin, daß die Einwanderungen der meisten Vogelarten in Schweden nach der Eiszeit von Osten her stattgefunden haben, da die meisten Beziehungen nach Rußland hinweisen. Dagegen zeigen sich Anzeichen einer Besiedlung von Süden her nur in geringerem Maße. Der Vortragende hob ferner die eigentümliche Erscheinung hervor, daß von Colymbus arcticus und Corvus cornix zahlreiche Individuen ungepaart bleiben. Der Grund hierzu liegt nach Ansicht des Autors nicht in äußeren Einflüssen, wie Zerstörung der Nester durch Menschen oder Raubzeug oder durch ungünstige Witterung, son-

dern er ist im Vogel selbst begründet, wobei eine relativ später erreichte Geschlechtsreife wohl in erster Linie zu berücksichtigen ist, aber auch senile Unfruchtbarkeit alter Vögel in Frage kommen kann.

Oberstleutnant v. Lucanus wies darauf hin, daß durch den Ringversuch festgestellt ist, daß Ciconia ciconia nicht in jedem Jahr zur Fortpflanzung schreitet, und daß eine ähnliche Erscheinung vielleicht auch bei Colymbus arcticus und Corvus cornix zutreffen kann. —

In der Sitzung am 10. Oktober im Museum für Naturkunde sprach Dr. Stresemann aus München über die Mauser der Singvögel im Dienste der Systematik und führte folgendes aus: Unter den Schmäzern mausert Oenanthe hispanica und Saxicola rubicola nur einmal im Jahre, hingegen Oenanthe oenanthe und Saxicola rubetra zweimal im Jahre. Alle eurasischen Pieper mausern zweimal, die neotropischen Arten nur einmal. Die Mönchsgrasmücke, die in unseren Breiten lebt, mausert außer im Herbst auch noch im Winter in der Zugzone, die auf Korsika heimischen Vögel unterdrücken dagegen diese Wintermauser. Unter den Ammern besitzen nur die Kappenammer und der Ortolan, die ausgesprochene Zugvögel sind, neben der Herbstmauser noch eine zweite Wintermauser, während die übrigen Arten, die Stand- und Strichvögel sind, nur eine Mauser haben. Die Blaudrossel, ein Standvogel, mausert einmal im Jahre, die Steindrossel, ein Zugvogel, mausert zweimal. Die sich hieraus ergebende Vermutung, daß zweimalige Mauser eine besondere Eigenschaft der Zugvögel ist, wird jedoch durch die einmalige Mauser des Pirols und der Schwalben, wie durch zweimalige Mauser mancher Standvögel widerlegt. Eine eigentümliche Zwischenstellung nimmt das Blaukehlchen ein, das in der Winterherberge lediglich das Gefieder der Kehle vermausert, um seinen blauen Hochzeitsschmuck anzulegen. Die einmalige oder zweimalige Jahresmauser läßt sich also für die Systematik nicht verwenden, da sie willkürlich und anscheinend regellos unter nahe verwandten Formen abwechselt. Dagegen ist der Unterschied zwischen völliger und teilweiser Jugendmauser ein fundamentaler, indem manche Jungvögel das ganze Gefieder mausern, andere dagegen nur das Kleingefieder, aber nicht die Schwung- und Schwanzfedern. Ersteres ist der Fall bei allen Lerchen und Schwalben, bei den Vertretern der Gattungen Paser, Petronia, Gymnoris, Montifringilla und vielen anderen; Teilmauserer dagegen sind die Raben, Drosseln, Grasmücken und Ammern mit Ausnahme der Grauammer, Emberiza miliaria, für die daher der besondere, schon früher gebräuchliche Gattungsname Miliaria wieder einzuführen wäre.

Dr. Heinroth bemerkte hierzu, daß auch die Mauser der oberen großen Armdecken vielleicht von systematischer Bedeutung sein könne. Manche Vögel wechseln sie in der Jugendmauser völlig, manche nur die innern Federn, andere gar nicht. —

Oberstleutnant v. Lucanus hielt einen Vortrag über das Orientierungsvermögen der Zugvögel und führte folgendes aus: Eine traditionelle Überlieferung der Zugwege ist nur bei den gesellig ziehenden Vögeln möglich, aber nicht bei dem allein ziehenden Vogel, der auf sich selbst angewiesen ist. Die zunehmende Wärme kann den Vogel nicht in das Winterquartier leiten, da nach dem Verlauf der Jahresisothermen in Europa die Wärme sowohl nach Süden wie nach Westen und Südosten zunimmt, also dem ziehenden Vogel gar keine

bestimmte Richtung vorschreibt. Auch die Windströmungen und die barometrischen Maxima und Minima können nicht als Wegweiser betrachtet werden, da sie infolge ihres steten Wechsels die Zugvögel ganz regellos und willkürlich verschlagen würden und ihnen keine Gewähr bieten, das Winterquartier zu erreichen. Da die Eigenschaft des Ziehens hauptsächlich auf einem angeborenem, reflektorischen Trieb beruht, so darf man annehmen, daß dem Zugvogel auch ein Gefühl für gewisse Himmelsrichtungen angeboren ist, wofür sich nach den Erfahrungen des Ringversuches Beispiele anführen lassen. Ein im Herbst aus der Gefangenschaft entflogener Storch zog nach Italien, das gar nicht im Zuggebiet des weißen Storchs liegt, der über den Balkan, Kleinasien und Palästina nach Afrika wandert. Der betreffende Vogel hatte zwar eine ganz zweckmäßige nach Süden führende Richtung eingeschlagen, was sehr wohl auf ein angeerbtes Gefühl, nach Süden zu fliegen, beruhen kann. Dagegen hatte er die eigentliche Storchzugstraße nicht zu finden vermocht. Man muß also bei der Orientierung der Zugvögel eine *grobe* und eine *feine* Orientierung unterscheiden. Erstere ist dem Zugvogel vielleicht angeboren. Letztere kann nur durch äußere Reize erfolgen, wenn der Vogel nicht durch ältere Artgenossen auf dem Zuge geführt wird, sondern auf sich selbst angewiesen ist, was bei allen *allein* ziehenden Vögeln, wie Wiedehopf und Kuckuck, der Fall ist. Nach den Erfahrungen des Ringversuches folgen die Zugvögel gern Flußläufen und Meeresküsten. Diese bilden vielleicht den äußeren Reiz bei der feinen Orientierung, soweit es sich um komplizierte Zugwege, die ihre Richtung vielfach ändern, handelt. Andere Vögel, die auf dem Zuge nicht den Wasserkanten folgen, halten wohl nur eine allgemeine Richtung, wie z. B. im Herbst nach Süden oder Westen, inne. Sie ziehen also nicht auf bestimmten Straßen, sondern in breiter Front quer über das Festland. Automatisch fliegt der Vogel in einer bestimmten Richtung, die ihm der angeerbte Richtungssinn vorschreibt, und zieht solange, bis der Zugtrieb in ihm erlischt. Wenn wir in dem Wesen des Vogelzuges hauptsächlich eine automatische Seelenfunktion erblicken, so wird damit auch die schwierige Frage, wie der junge Zugvogel das ihm unbekannte, weit entfernte Winterquartier findet, von selbst gelöst. Der Vogel strebt überhaupt nicht einem bestimmten Ziel zu, sondern dieses ergibt sich aus dem Aufhören des Zugtriebes von selbst. Hierdurch läßt es sich auch erklären, warum manche Vögel ihre Wanderungen so weit ausdehnen und bis ins südliche Afrika ziehen, während sie doch ebensogut schon im Mittelmeergebiet überwintern können. Die Ursache liegt eben in dem stark entwickelten Zugtriebe, wie er vor Jahrtausenden unter dem Druck der Eiszeit entstanden ist, und der sich bis heute noch erhalten hat.

Friedrich von Lucanus, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Theodor Rümelin. Am 9. November 1920 riß ein tragisches Geschick Dr.-Ing. Theodor Rümelin, einen der hervorragendsten Führer bei der Ausnutzung der deutschen Wasserkräfte, im 43. Lebensjahr mitten aus seiner Arbeit, welcher er sich mit einzigartiger Hingabe gewidmet hatte. Nebst vielen kleineren Anlagen dankt ihm Deutschland vor allem das großzügige Projekt der „Mittleren Isar“, durch welches die Wasserkräfte des

Flusses nördlich von München nutzbar gemacht werden, ein Schifffahrtskanal in späteren Zeiten München mit der Donau verbinden soll und weite Sumpfstrecken im Erdinger Moos der Landwirtschaft nutzbar gemacht werden sollen. Die letzten Jahre seines kurzen Lebens hat Rümelin ganz diesem Werk gewidmet, dessen Vollendung er nicht mehr erleben sollte, das aber für ihn ein Denkmal aere perennius sein wird. Und doch sind es nicht diese Leistungen, derentwegen die „Naturwissenschaften“ seiner gedenken, auch nicht das Positive, was seine Forschartätigkeit auf dem Gebiete der Hydrodynamik geleistet hat; denn es kann jetzt noch nicht gesagt werden, wieviele von den reichen Ideen seines Buches „Wie bewegt sich fließendes Wasser?“ sich fruchtbar erweisen werden. Aber vorbildlich und bedeutungsvoll war seine Liebe zur Wissenschaft und sein ständiges Streben, Wissenschaft und Technik zu vereinigen. So wie er es für richtig hielt, die karge Zeit, welche ihm seine technische Tätigkeit ließ, mit ernstem Studium der experimentellen und theoretischen Physik, mit Besuch von Vorlesungen über rein wissenschaftliche Fragen auszufüllen, so zog er auch immer Physiker heran, wenn er in seiner praktischen Tätigkeit Schwierigkeiten prinzipieller Natur erkannte. Er hat auf diese Weise nicht nur verstanden, allgemeinere, theoretische Gesichtspunkte seinen speziellen technischen Aufgaben dienstbar zu machen, sondern auch auf der anderen Seite das Interesse der Wissenschaftler für Probleme zu erwecken gewußt, zu denen sie sonst nicht so leicht den Zugang gefunden hätten. Seine letzten Anregungen in dieser Hinsicht galten der experimentellen Erforschung der hydraulischen Rauigkeit und der Struktur der Wasserströmung. Sein großzügiger Idealismus und sein unermüdliches Streben hätten ihn auch noch auf diesem Gebiet zu wichtigen Leistungen befähigt, so daß auch die Physiker manche Hoffnung mit ihm begraben mußten. Aber sein Bild, besonders seine selbstlose, weit ausschauende Art der Arbeit in Wissenschaft und Technik werden allen denen, die ihm nahestanden, stets in lebhafter Erinnerung bleiben.

L. Hopf, Aachen.

Der Stand der Gasturbinenfrage. Der hohe thermische Wirkungsgrad der Verbrennungskolbenmaschine und die konstruktive Einfachheit und Billigkeit der Dampfturbine haben schon seit langer Zeit das Bestreben hervorgerufen, die Vorzüge beider Maschinenarten in einer einzigen, der Gasturbine, zu vereinigen. Ein Beweis hierfür ist die ungeheuer große Zahl der Patente auf diesem Gebiete, von denen die meisten naturgemäß darauf hinzielen, den Verbrennungsvorgang von der Gasmaschine und den Ausnutzungsvorgang von der Dampfturbine zu übernehmen, so daß sich zunächst hauptsächlich zwei Bauarten ausbildeten:

1. die *Gleichdruckgasturbine*, bei der Luft und Brennstoff in einer Kammer bei gleichmäßiger hoher Pressung verbrannt werden, worauf die gespannten heißen Verbrennungsgase mit gleichmäßiger Geschwindigkeit einer Turbine zuströmen, in der sie wie bei Dampfturbinen ihre Strömungsenergie in mechanische Arbeit umsetzen;

2. die *Verpuffungsturbine* (oder Wechseldruckturbine), bei der ein Gemisch von Luft und Gas in einer geschlossenen Kammer entzündet und dadurch auf hohen Druck gebracht wird, worauf man die Verbrennungsgase mit einer infolge des sinkenden Druckes allmählich sinkenden Geschwindigkeit einer Turbine zuführt.

Die thermischen Vorteile sind bei der Gleichdruckturbine größer, allein sie erfordert einen Kompressor von verhältnismäßig großer Leistung und ergibt am Ende der Expansion sehr hohe gleichmäßige Temperaturen, denen unsere jetzigen Baustoffe nicht gewachsen sind. Bei der Wechseldruckturbine ist ein Kompressor hoher Leistung nicht erforderlich; die Temperaturen, mit denen das Gas auf die Schaufeln strömt, sind wesentlich niedriger, dafür ist ihr thermischer Wirkungsgrad geringer. Alle Mittel, die man vorgeschlagen hat, die Temperaturen zu erniedrigen, z. B. Wassereinspritzung u. a., müssen den Wirkungsgrad verschlechtern.

In einem Vortrag vor der Brennkrafttechnischen Gesellschaft, Ende des vorigen Jahres, führt Herr Professor G. Stauber-Berlin aus, daß das Ziel der Entwicklung die Schaffung einer marktfähigen Gasturbine sein müsse, die billiger als die Kolbengasmaschine und die Dampfturbine sei. Wohl gibt es bereits eine betriebsfähige Gasturbine, und zwar eine nach den Konstruktionen von *Holzwarth* gebaute Wechseldruckturbine, allein der Beweis, daß sie auch marktfähig ist, ist noch nicht erbracht. Maßgebend hierfür ist die gesamte Wirtschaftlichkeit der Anlage, und es ist notwendig, sich durch Vergleichsrechnungen darüber klar zu werden, was in dieser Beziehung erreicht ist und was noch zu tun übrig bleibt. Der Vortragende erörtert darauf die Grundlagen für den Vergleich zwischen Kolbengasmaschinen, Dampfturbinen und Gasturbinen und kommt unter der Annahme einer 7-fachen Verteuerung der Wärme und 12-fachen Verteuerung der Anlagekosten zu folgendem Ergebnis: Wird der Wärmepreis verhältnismäßig niedriger als angenommen, so wird die Dampfturbine am günstigsten; nimmt der Wärmepreis den entgegengesetzten Verlauf, so wird die Kolbengasmaschine am günstigsten. Gerade weil sich Fortschritte in der Vergasung und der Gewinnung der Nebenergebnisse erwarten lassen, muß die Gasturbine eine erhebliche billigere Gestalt annehmen als in der Form der Wechseldruckturbine. Die Gründe für diese wirtschaftlich ungünstige Situation der Gasturbine sieht der Vortragende in der zu weit gehenden Anlehnung an die Wirkungsweise der Dampfturbine. Deshalb ist anzustreben, einen Vermittler zu finden, der die Vorteile der Gaskolbenmaschine mit denen der Turbine vereinigt. Er führt als Beispiel einer solchen Maschine die *Humphrey-Pumpe* an, bei der an Stelle des Kolbens der Kolbenmaschine eine schwingende Wassersäule verwendet wird. Allerdings sind mit diesem Arbeitsverfahren auch große Nachteile verbunden, die bisher noch nicht überwunden sind; es ist jedoch zu hoffen, daß es gelingen wird, in Anlehnung an dies Verfahren eine marktfähige Gasturbine zu schaffen.

G. Forner.

Eine Bakteriose der Gerste. (*Georg Gentner*, Centralblatt f. Bakteriologie, Parasitenk. u. Infektionskrankh. II. Abt. Bd. 50, Nr. 20/25, S. 428—441, 1920.) Es handelt sich um eine Krankheit der Gerste, vereinzelt auch des Weizens und des Roggens, die sich so äußert, daß an Basis, Knoten und oberen Gliedern der geschoßten Halme sich schwarzbraune Flecken zeigen. Die Blätter der erkrankten Pflanzen werden braunfleckig und sterben ab, die Ähren werden schartig, die Körner entwickeln sich schlecht, die Spelznähte, mitunter auch die Körner selbst weisen Risse auf. Erreger ist der *Bacillus cerealis*, der in Kulturen einen roten Farbstoff bildet, Geißeln und Sporen besitzt. Er vermag Stärkekörner und Zellwände im Innern des Samenkorns

aufzulösen, ist aber unwirksam gegenüber der Samenschale und echter Zellulose. Die Zersetzungsprodukte bestehen ebenso wie der rote Farbstoff in der Hauptsache aus Dextrinen. Sie stellen ein gutes Nährmedium für andere Bakterien und Pilze dar, die als begleitende Schädlinge wirken können. Die Krankheit, häufig in trockenen Jahren, wird durch das Saatgut weiter übertragen und kann bei feuchter Lagerung von erkrankten Körnern auf gesunde übergehen. *Seligmann, Berlin.*
(Bericht üb. d. gesamte Physiologie.)

Astronomische Mitteilungen.

Über die Durchmesser der Fixsterne. Im Anschluß an die in der letzten Zeit viel besprochene Michelsonsche Methode, interferometrisch die Durchmesser von Sternen und den Abstand von Doppelsternen zu messen (siehe das Referat von *J. Hopmann*, Naturw. 1921, Heft 6), lassen sich einige Betrachtungen anstellen, welche die wissenschaftliche Bedeutung der neuen Methode klarer ins Licht rücken.

Die Michelsonsche Methode liefert den scheinbaren Winkel, unter welchem der Durchmesser eines Sternes erscheint, falls derselbe einen gewissen Betrag überschreitet, der von den Ausmaßen des Fernrohrs abhängt. Für α Orionis wurde der Wert $0''.047$ gefunden. Der lineare Wert des Durchmessers in Kilometern läßt sich dann berechnen, wenn die Parallaxe, d. h. der Abstand des Sternes von der Erde, bekannt ist.

Neben dieser direkten Methode gibt es aber noch eine andere, die in der letzten Zeit von *Wilsing* und *Russell* herangezogen worden ist, und die aus der effektiven Temperatur, auf Grund spektralphotometrischer Messungen bzw. aus dem Farbenindex eines Sternes — $\text{Farbenindex} = \text{Differenz zwischen photographischer und visueller Helligkeit}$ — die Durchmesser zu berechnen gestattet, wenn die Parallaxe bekannt ist. Diese zweite Methode setzt also die Gültigkeit des Wienschen bzw. Planckschen Strahlungsgesetzes voraus und benutzt überdies die zwar auf den ersten Blick überraschende, aber tatsächlich mit genügender Genauigkeit bestehende Proportionalität zwischen den Strahlungsenergien im optischen Gebiet und den photometrischen, d. h. physiologischen Helligkeiten. Dafür ist aber diese zweite Methode praktisch sehr einfach und ohne besondere instrumentelle Hilfsmittel durchzuführen, denn sie erfordert nur Helligkeits- und Entfernungsmessungen, die schon bei Tausenden von Sternen durchgeführt sind.

Die direkten Bestimmungen nach der Michelsonschen Methode werden aber ihrerseits durch den Vergleich mit den Resultaten der zweiten Methode die wichtige Entscheidung bringen, ob die Sterne der verschiedenen Spektralklassen als schwarze Strahler aufgefaßt werden dürfen, d. h. ob wir es bei allen Sternen mit reiner Temperaturstrahlung zu tun haben. Hier offenbart sich eine besonders wichtige Anwendungsmöglichkeit der neuen direkten Methode.

Bei dem M-Stern 1. Größe, α Orionis, liefert die direkte Bestimmung für den Durchmesser den Wert $0''.047$; *Wilsing* findet auf Grund der indirekten Methode $0''.040$. Beide Werte stimmen befriedigend miteinander überein. Nimmt man die Parallaxe von α Orionis zu $0''.01$ an, so erhält man für den linearen Wert des Durchmessers aus dem scheinbaren Winkel von $0''.047$ einen Betrag von etwa 500 Sonnendurchmessern.

Dieser Wert übersteigt den von *Wilsing* errechneten Betrag des Durchmessers von α Orionis beträchtlich.

weiß *Wilsing* seinen Rechnungen einen Parallaxenwert von $0'',03$ zugrunde legt. Diese Parallaxe ist aber sicherlich viel zu groß; das kann man aus verschiedenen erschließen.

So leitet *Kapteyn* für die Oriongruppe als Parallaxe den Wert $\pi = 0'',005$ ab; andere Untersuchungen finden für Sterne dieser Gruppe Werte, welche zwischen $0'',003$ und $0'',008$ schwanken. Ob allerdings der rote M-Stern α Orionis zu dieser Gruppe von vorwiegend weißen B-Sternen gehört, kann nicht mit Sicherheit behauptet werden. Dafür spricht der Umstand, daß seine Radialgeschwindigkeit mit der der B-Sterne dieser Gruppe zusammenfällt, obwohl sonst die M-Sterne im Durchschnitt wesentlich größere Radialgeschwindigkeiten haben; dagegen spricht, daß seine sphärische Eigenbewegung anscheinend nicht unwesentlich größer ist als die der benachbarten B-Sterne. Doch auch, wenn seine Zugehörigkeit zu der Gruppe von Orionsternen sich nicht bewahrheiten sollte, deren Parallaxe sicherlich kleiner als $0'',01$ ist, so sprechen doch noch andere Argumente dafür, daß die Parallaxe von α Orionis kaum größer als $0'',01$ anzusetzen ist.

Die Untersuchungen über die Absolutheelligkeiten der Sterne haben für die hellsten Sterne Werte für die Absolutheelligkeit — d. h. Helligkeit in der Entfernung 1, der eine jährliche Parallaxe von $1''$ entspricht — vom Betrage -9^m ergeben; die Sonne würde in dieser Entfernung als Stern 0.ter Größe erscheinen. Übereinstimmend hiermit findet *Shapley* aus dem Studium der kugelförmigen Sternhaufen, daß in ihnen die absolut hellsten Sterne Absolutheelligkeiten -9^m Größe und darüber aufweisen und überdies Sterne niedrigster effektiver Temperatur sind, also demselben Spektraltyp angehören wie auch α Orionis.

Bei einem so ausgesprochenen Riesenstern wie α Orionis wird man darum durchaus mit einer Absolutheelligkeit von -9^m zu rechnen haben, und da seine scheinbare Helligkeit im Mittel gleich $+1^m,0$ ist, so liefert die Beziehung

Absolutheelligkeit = scheinbarer Helligkeit $+ 5 \cdot \log \pi$
(π = Parallaxe)

für π einen Wert von $0'',01$. Mit diesem Wert der Parallaxe erhält man als linearen Betrag des Durchmessers rund 500 Durchmesser der Sonne.

Man kann nun diesen Wert dazu benutzen, um zu entscheiden, wie weit ein Stern wie α Orionis als schwarzer Strahler aufgefaßt werden darf. Bezeichnet man nämlich mit J_* die bolometrische Intensität (Intensität der Gesamtstrahlung) eines Sterns, mit T_* seine effektive Temperatur und mit R_* seinen Durchmesser in linearem Maße, während die entsprechenden Größen für die Sonne den Index \odot tragen mögen, so gilt

$$\frac{J_*}{J_\odot} = \frac{T_*^4}{T_\odot^4} \cdot \frac{R_*^2}{R_\odot^2},$$

falls Stern und Sonne schwarze Strahler sind. Diese Beziehung erlaubt die Berechnung von T_* , wenn Helligkeit und Durchmesser bekannt sind, und zwar unabhängig vom angenommenen Werte einer Parallaxe, falls der Durchmesser im Winkelmaß gegeben wird, wie bei den Messungen nach der Michelsonschen Methode. Denn mit wachsender Parallaxe nimmt der Quotient $\frac{J_*}{J_\odot}$ mit dem Quadrate des Abstandes

ab, dafür aber der Quotient $\left(\frac{R_\odot}{R_*}\right)^2$ entsprechend zu, wenn der scheinbare Winkel, unter dem der Durch-

messer des Sterns erscheint, fest vorgegeben wird. Der Wert für T_* ist also invariant gegenüber Änderungen der Parallaxe. Für α Orionis liefert die Rechnung, gestützt auf den Wert $0'',047$ für den scheinbaren Durchmesser, $T_* = 3050^\circ$; die direkten spektralphotometrischen Messungen *Wilsings* liefern auf Grund des Planckschen Strahlungsgesetzes $T_* = 2950^\circ$. Die Übereinstimmung ist überraschend gut.

Das Volumen von α Orionis muß also etwa das 10^8 -fache von dem der Sonne sein, und man muß ihm schon eine mittlere Dichte von etwa 10^{-7} Dichte der Sonne beilegen, falls man nicht annehmen will, daß seine Masse viel Hundert mal so groß ist als die der Sonne. Es ist aber bisher noch eine offene Frage, ob solche Sterne nicht doch bedeutend massiger sind als die Sonne. Verdächtig ist, daß dieser Spektraltyp, dem α Orionis angehört, besonders ausgesprochen eine allgemeine Rotverschiebung seiner Spektrallinien zeigt, und zwar im Betrage von etwa $+4$ bis $+5$ km. Interpretiert man diese Verschiebung als den von der Relativitätstheorie geforderten Gravitationseffekt, so resultiert für α Orionis eine Masse von rund 3000 Sonnenmassen bei einer mittleren Dichte von etwa $8 \cdot 10^{-5}$ Dichte der Sonne.

So erhebt sich für die kommende Zeit als weitere besonders wichtige Aufgabe die der direkten Bestimmung der Massen solcher Sterne aus dynamischen Kriterien, oder der mittleren Dichte solcher Sterne, bei denen Durchmesserbestimmungen vorliegen.

E. Freundlich.

Zur Ablenkung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde der Sonne. Das Dezemberheft der *Monthly Notices of the Roy. Astron. Society* bringt einen längeren Aufsatz zu der Ausmessung der 4-Zöllerplatten von *H. N. Russel*, die auf der bekannten Sonnenfinsternisexpedition vom 29. Mai 1919 in Sobral gewonnen wurden, und die den Einsteineffekt der Ablenkung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde von den verschiedenen Versuchen am besten bestätigten¹⁾. Gegen die Art der Auswertung der Platten konnte man nämlich verschiedene Einwände erheben, wie die Berücksichtigung der höheren Refraktionsglieder, Ausgleichung mit 4 Konstanten statt mit 6 usw. All dies wird peinlich genau in der genannten Arbeit nachgeholt. Unter Fortlassen aller Einzelheiten sei hier nur das Ergebnis frei übersetzt:

Die in Sobral erhaltenen 4-Zöllerplatten zeigen mit voller Sicherheit, daß zu der Gravitationsverschiebung eine Verzerrung des Gesichtsfeldes tritt derart, daß alle Distanzen auf den Platten in Richtung der Vertikalen um $\frac{1}{12000}$ verkürzt sind gegenüber horizontalen Distanzen. Ohne diese Distorsion ist die mittlere Differenz zwischen Finsternis und Vergleichsplatten viel größer als der inneren Meßgenauigkeit entspricht. Mit der Distorsion und dem theoretischen Einsteineffekt ($1'',75$) stimmen die Beobachtungen besser als zu erwarten. Distorsion und beobachtete Gravitationsverschiebung ($1'',98$) zusammen stellen aber die Messungen viel zu gut dar, wohl ein Werk des Zufalls. Die Distorsion kann erklärt werden durch eine zylindrische Krümmung des planen Heliostatenspiegels infolge der Sonnenbestrahlung von 12 km Radius ($0,2 \mu$ am Rande des 20 cm großen Spiegels).

J. Hopmann.

¹⁾ Vgl. Naturwissenschaften 1920, S. 20.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

RECEIVED
MAR 2 1921

Heft 12. (Seite 193—208)

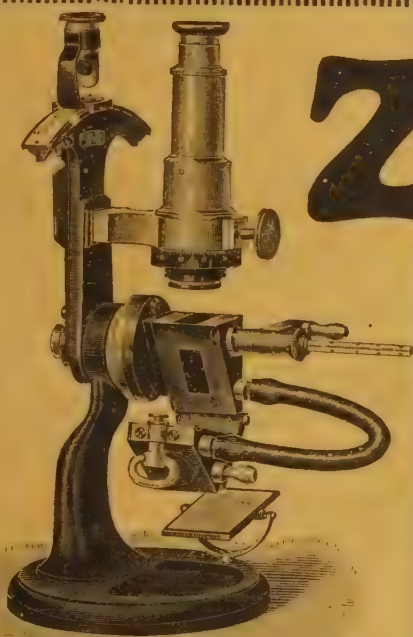
25. März 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Neue Versuche zur Thermodynamik der Muskelkontraktion. Von *Otto Meyerhof*, Kiel. S. 193.
Zuschriften an die Herausgeber:
Ein weiteres Zahlenmysterium in der Theorie des Zeemaneffektes. Von *E. Back*, Tübingen. S. 199.
Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:
Die Türkei nach dem Friedensschluß. S. 204.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 205-208.
Neuere Aufnahmen des Starkeffektes. Die Jonisation des Joddampfes. Ist Histamin ein normaler Bestandteil der Hypophyse? Die Bewegungen der Geißeln und Wimpern niederer Organismen. Hypophyse und Raynaudsche Krankheit.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe • Refraktometer
Butter • Refraktometer
Eintauch • Refraktometer
Zucker • Refraktometer
Pulfrich • Refraktometer
Kristall • Refraktometer
Differenz • Refraktometer
Milchfett • Refraktometer

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
20 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Elektrophysiologie menschlicher Muskeln.

H. Piper, a. o. Professor der Physiologie, Abteilungsvorsteher am Physiologischen Institut der Kgl. Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin. Mit 65 Abbildungen. 1912.

Von Dr. med.
Preis M. 8.—

Der Herzmuskel

und seine Bedeutung für Physiologie, Pathologie und Klinik des Herzens.
Ein Versuch zur Entwicklung einer allgemeinen Pathologie und Symptomatologie der Herzmuskelerkrankungen auf anatomischer Grundlage. Von Dr. Ehrenfried Albrecht, Berlin. Mit 3 Lichtdruck- und 4 lithographierten Tafeln. 1903.

Preis M. 14.—

Vorlesungen über Physiologie.

Von Prof. Dr. M. v. Frey, Vorstand des Physiologischen Instituts an der Universität Würzburg. Dritte, neu bearbeitete Auflage. Mit 142 Textfiguren. 1920.

Preis M. 28.—; gebunden M. 35.—

Lehrbuch der Physiologie des Menschen.

Von Dr. med. Rudolf Höber, o. ö. Professor der Physiologie und Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Kiel. Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 243 Textabbildungen. 1920.

Gebunden Preis M. 38.—

Die physikalisch-chemischen Grundlagen der Biologie.

Mit einer Einführung in die Grundbegriffe der höheren Mathematik. Von Dr. phil. E. Eichwald, ehemaliger Assistent, und Dr. phil. A. Fodor, erster Assistent am Physiologischen Institut der Universität Halle a. S. Mit 119 Abbildungen und 2 Tafeln. 1919.

Preis M. 42.—; gebunden M. 48.—

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

25. März 1921.

Heft 12.

Neue Versuche zur Thermodynamik der Muskelkontraktion.

Von Otto Meyerhof, Kiel.

Während der energetische Zusammenhang zwischen den Stoffwechselvorgängen und der mechanischen Leistung des Muskels durch Untersuchungen aus jüngster Zeit ziemlich geklärt erscheint (1), ist die Physik des Kontraktionsprozesses nach wie vor in tiefes Dunkel gehüllt, wie ich bereits kürzlich in einem Aufsatz in dieser Zeitschrift hervorhob¹⁾. Ungefähr gleichzeitig mit dieser Veröffentlichung erschienen zwei Arbeiten der englischen Physiologen A. V. Hill und W. Hartree (2), die einen bedeutenden Beitrag zu dem in Rede stehenden Problem darboten und, wenn sie auch zunächst nur den ersten Schritt in ein bisher unzugänglich erscheinendes Forschungsgebiet tun, dennoch als verheißungsvoller Anfang das Interesse sowohl der Fachgenossen wie der weiteren Freunde exakter biologischer Forschung beanspruchen dürfen. Aus diesem Grunde sei hier darüber berichtet, zumal die Originalarbeiten in Deutschland kaum zugänglich sind; im Anschluß daran sollen die theoretischen Konsequenzen einer Diskussion unterzogen werden, die uns wenigstens einen festen und physikalisch einwandfreien Standpunkt gewinnen lassen wird, ohne der Lösung noch offener Probleme damit vorzugreifen.

Die Schwierigkeiten einer feineren Aufhellung des Kontraktionsprozesses liegen vor allem in seiner Schnelligkeit begründet; wohl können unsere mechanischen Instrumente den sich rasch folgenden Verkürzungs- und Erschlaffungs- bzw. Spannungs- und Entspannungsphasen des Muskels folgen, aber unsere chemische und thermische Analyse konnte bisher nur die bleibenden Veränderungen registrieren, die aus dem ganzen Zyklus der an den Reiz anschließenden Vorgänge resultieren. Sie fand dann eine bestimmte Menge abgegebener Wärme, zersetzter Kohlenhydrate, aufgetretener Milchsäure usw. Durch die Erschlaffung ist aber der physikalische Grundprozeß, der die Verkürzung bewirkt, wieder beseitigt. Es muß also versucht werden, auch die thermische bzw. chemische Untersuchung soweit zu verfeinern, daß sie das, was in der ersten Phase, bei der Verkürzung, geschieht, von dem, was bei der Erschlaffung sich abspielt, zu trennen gestattet. Dies ist nun Hill und Hartree bezüglich des

Wärmeverlaufs zu einem wesentlichen Teil gelungen.

Die von Helmholtz in die Muskelphysiologie eingeführte thermoelektrische Methode hat vor anderen Arten der Temperaturmessung nicht nur den Vorzug größerer Empfindlichkeit, sondern auch bei geeigneten Abmessungen der Thermosäule den einer sehr geringen Wärmekapazität und großen Wärmeleitfähigkeit des Instruments. Die Temperatur der Säule folgt also recht gut den thermischen Veränderungen des auf ihr liegenden Körpers. Benutzt man nun ein rasch, aber aperiodisch schwingendes Galvanometer von hoher Empfindlichkeit, so eröffnet sich die Aussicht, durch genaue Analyse der Schwingungskurve die in einzelnen Zeitmomenten vom Muskel abgegebene (oder auch absorbierte) Wärme voneinander zu trennen. Schon in einer älteren Arbeit (3) konnte Hill gewisse prinzipielle Schwierigkeiten dieser Methode überwinden und eine für die Muskelphysiologie sehr wichtige Tatsache auffinden: nämlich daß in Sauerstoff ein erheblicher, auf etwa 50 % geschätzter Betrag der Kontraktionswärme der Tätigkeit viele Sekunden lang nachfolgt, während diese sogenannte „oxydative Restitutionswärme“ in Stickstoff oder im blausäurevergifteten Muskel ausbleibt [vgl. auch Weizsäcker (4)]. Die Ausführung der Versuche gestaltete sich hierbei folgendermaßen: Um unabhängig von allen unsicheren Berechnungsgrößen der Wärmeleitfähigkeit, spezifischen Wärme des Muskels und des Thermoelements zu sein und aus dem zeitlichen Verlauf der Ablenkungskurve des Galvanometers Schlüsse ziehen zu können, wird nach Beendigung der Reizversuche der Muskel, ohne ihn von der Thermosäule zu entfernen, durch Chloroformdampf getötet und nun durch Wechselströme bekannter Stärke geheizt, wobei die Heizungsdauer des Muskels der Reizdauer der vorhergehenden Versuche gleichgemacht und die Stromstärke so bemessen wird, daß die Galvanometerausschläge beide Male ungefähr übereinstimmen. In beiden Fällen wird die Ablenkungskurve des Galvanometers registriert; das konnte bei diesen älteren Versuchen mittels manuell bedienter Vorrichtungen geschehen, weil die Restitutionswärme nach der Kontraktion die Rückkehr der Galvanometernadel zum Nullpunkt um viele Sekunden, ja um Minuten gegenüber den Kontrollheizungen verzögert. In der Tat zieht sich dieser oxydative Restitutionsvorgang bei Reizdauern von einigen Sekunden schon mehrere Minuten lang hin. Gleichzeitig kann diese Anordnung aber auch benutzt werden, um die bei

¹⁾ Über die Rolle der Milchsäure in der Energetik des Muskels. Diese Zeitschrift Bd. 8 (1920), Heft 35 (27. VIII.), S. 696.

einer bestimmten Muskeltätigkeit gebildete Wärme in absoluten Einheiten zu messen, ohne daß man die Wärmeverluste der Apparatur zu kennen braucht. Es ist dazu nur noch nötig, den Widerstand des Muskels und die Stromstärke während der Heizung genau zu bestimmen. Damit berechnet man die gebildete Joulesche Wärme, die nun mit der bei der Heizung erreichten maximalen Ablenkung des Galvanometers verglichen wird; so gewinnt man eine genaue für die Versuchsanordnung gültige Beziehung zwischen Galvanometerausgang und der im Muskel entstehenden Wärmemenge und kalibriert damit die Ausschläge der zugehörigen Reizversuche in absoluten Wärmeeinheiten.

Das hier kurz geschilderte Verfahren haben nun *Hill* und *Hartree* in den neuesten Arbeiten so verfeinert, daß damit die Wärmebildung während des Kontraktionsablaufs zeitlich analysiert werden konnte unter Trennung der drei Phasen des Einsetzens der Spannung, der Aufrechterhaltung derselben und des Erschlaffungsvorgangs.

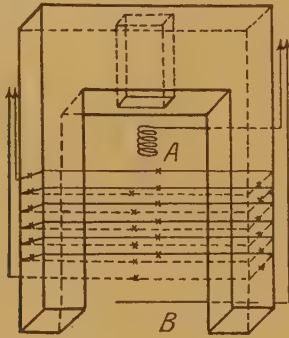


Fig. 1. Therminosäule nach *Hill*. X innere und äußere Lötstellen. A und B Reizelektroden.

Hierbei wurde bisher wesentlich nur das Verhalten des Muskels bei der sogenannten isometrischen Kontraktion untersucht, wo derselbe festgehalten wird bzw. an einer sehr starken Feder angreift, so daß er sich auf den Reiz hin unter Entwicklung starker Spannung so gut wie gar nicht verkürzen kann. Von der neuen Versuchsanordnung sei erwähnt, daß die beiden *M. sartorii* des Frosches an die inneren Lötstellen einer Therminosäule von der abgebildeten Form (Fig. 1) beiderseits angelegt werden. Diese Säule besitzt 50 innere und 50 äußere Lötstellen von Gold-Silber-Drähten, die durch eine dünne Schellackschicht isoliert und zu einer festen Platte vereinigt werden. Die beiden äußeren Drahtzuführungen (Fig. 1 A und B) stellen die Reizelektroden dar. Die Säule mit den Muskeln kommt in eine luftdichte Kammer, welche ihrerseits in ein mehrere Liter fassendes Dewargefäß gesenkt wird, das Wasser von der Versuchstemperatur enthält. Tiefe Temperatur (0°) ist wegen des verlangsamtsten Kontraktionsablaufs günstig. Als Meßinstrument diente ein Paschengalvanometer mit 26 astatischen Magneten von 10–11 Amp., das eben so-

weit gedämpft wurde, um aperiodisch zu schwingen. Der Lichtzeiger des Spiegels wird auf einer rotierenden Trommel mit Bromsilberpapier photographiert. Zur Zeitmessung wird der Lichtstrahl jede Sekunde unterbrochen (vgl. Fig. 5); ebenso wird der Reizmoment durch eine Lichtlücke abgebildet. Auch hier wird wieder anschließend eine bzw. mehrere entsprechende Kontrollheizkurven mit dem in Chloroformdampf getöteten Muskel aufgenommen, die nun sowohl zur Berechnung der absoluten Wärmemenge als zur Analyse der Temperaturkurve der vorhergehenden Reizversuche benutzt werden.

Werden nun die photographischen Kurven umgezeichnet, indem man in allen Fällen die maximalen Galvanometerausgänge gleich 100 setzt, so erhält man z. B. ein Bild, wie es in Fig. 2 wiedergegeben ist (Versuchstemperatur 0°). Die ausgezogene Kurve entspricht der Kontrollheizung von 0,1 Sekunde, die gestrichelte Kurve der Wärmebildung des lebenden Muskels nach 0,1 Sekunde langer tetanischer Reizung, die gestrichelt-

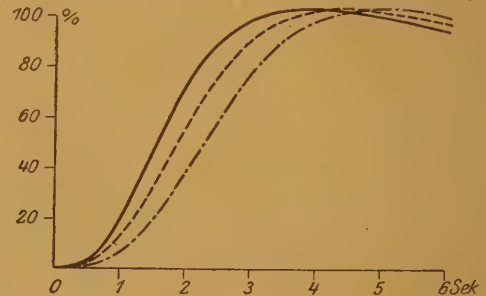


Fig. 2. Galvanometerkurve. — Kontrollheizung von 0,1 Sek. — Tetanus von 0,1 Sek. — — — Tetanus von 1,2 Sek. Ordinate prozentische Ablenkung.

punktiert gezeichnete Kurve einem Tetanus von 1,2 Sekunden Dauer. Man sieht, daß in diesen Fällen das Maximum viel langsamer als bei der Kontrollkurve erreicht wird.

Die genaue Analyse der Wärmebildung bei der Muskeltätigkeit pro 0,2 Sek. geschieht auf graphischem Wege. In Fig. 3 sei C die Kontrollkurve, entsprechend der elektrischen Heizung des toten Muskels während 0,1 Sek. durch die (willkürlich gewählte) Wärmeeinheit 1, A die zu analysierende Kurve. Auf diese wird die Kontrollkurve mit soviel verkleinerter Ordinate aufgezeichnet, daß das erste Kurvenstück sich mit ihr deckt. Das geschieht hier, wenn die Ordinate auf 40 % gebracht wird. Man erhält die Kurve I entsprechend 0,4 Wärmeeinheiten, gebildet im Moment 0 Sek. (oberes schwarzes Rechteck 0,4). Vom Beginn des Auseinanderweichens der Kurven A und I entspringt eine neue Kurve gleich der Differenz der Ordinaten der beiden; dies geschieht bei 0,2 Sek. Man zeichnet, von hier beginnend, die Differenzkurve für sich und über sie eine weitere Kontrollkurve mit so verkleinerter Ordinate, daß ein Stück die-

ser Differenzkurve zur Deckung kommt. Dies ist hier der Fall, wenn man die Kontrollkurve mit dem Maßstab von $20\% = 0,2$ Wärmeeinheiten zeichnet (Kurve II und zweites oberes Rechteck 0,2). In dieser Weise fährt man fort und benötigt zur restlosen Auflösung von A nach C noch nach einem wärmefreien Intervall die Kurve III entsprechend 0,3 Wärmeeinheiten bei 0,8 Sek. und die Kurve IV von 0,1 Wärmeeinheit bei 1,0 Sek. Mithin stellen die oberen schwarzen Rechtecke den zeitlichen Verlauf der Wärmebildung auf 0,2 Sek. genau dar.

Mit dieser Methode ist der Ablauf der Wärmebildung bei der isometrischen Kontraktion studiert worden. Ein typisches Ergebnis ist auf Fig. 4 a und b zu sehen. Es entspricht dies der

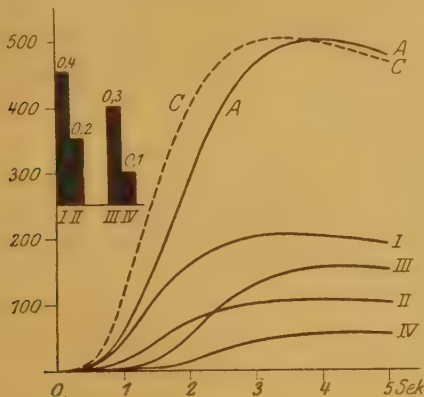


Fig. 3. Analyse der Galvanometerablenkung A. C Kontrollkurve. Links oben zeitlicher Verlauf der Wärmeentwicklung auf 0,2 Sek. analysiert. Einzelheiten siehe im Text.

Analyse der beiden gestrichelten Kurven von Fig. 2, isometrischer Tetanus von 1,2 Sek. Dauer (a) und von 0,1 Sek. Dauer (b). Die Abszisse bedeutet die Zeit in Sekunden, die Ordinate cal pro Gramm Muskel (in 0,2 Sek.), der Reizbeginn liegt beide Male bei der Zeit 0. Wir sehen, daß im ersten Moment nach Einsetzen des Reizes eine beträchtliche Wärmemenge entsteht, dann sinkt, bei länger dauernder Reizung noch während derselben, die in der Zeiteinheit gebildete Wärme beträchtlich ab, es folgt ein wärmefreies Intervall, und dann wird zum Schluß plötzlich eine weitere Wärmemenge abgegeben, die bei länger anhaltender Reizung größer wird und die zuerst abgegebene übertreffen kann (schwarzes Rechteck). Auch diese Wärme gehört der Tätigkeitsphase an, nicht etwa der oxydativen Erholung; vielmehr ist sie in An- und Abwesenheit von Sauerstoff ganz gleich. Woher stammt nun die Wärme des schwarzen Rechtecks? Hill und Hartree belegen durch verschiedene Versuche die These, daß sie bei der Erschlaffung des Muskels entsteht. Auf den ersten Blick erscheint sie danach ziemlich spät. Aber die hier abgebildeten Versuche sind bei 0° angestellt, wo die Kontraktionsdauer beträchtlich verlängert ist. Bei dieser Temperatur folgt die am Spannungshebel aufge-

zeichnete Erschlaffung erst 0,52 Sek. nach beendetem Reiz, die Wärme folgt aber im Durchschnitt aller Versuche bei 0° 0,7 Sek. nach Reizende. Bei 13° beträgt das Intervall zwischen Reizende und Erschlaffung am Spannungshebel 0,13 Sek., für die Erschlaffungswärme 0,2 bis 0,4 Sek.; endlich bei 25° , wo die mechanisch gemessene Zeitdifferenz 0,075 Sek. beträgt, gelingt es nicht mehr, die Erschlaffungswärme von der übrigen abzusondern. Diese Wärme folgt also in der Tat unmittelbar auf die Entspannung. Demgegenüber werden wir die erste, explosiv vom Reizbeginn an gebildete Wärme auf das Einsetzen der Spannung, die „Anspannung“, beziehen und den mittleren Teil auf die Aufrechterhaltung der Spannung im isometrischen Tetanus, während das wärmefreie Intervall dem Zustand des Muskels vom Ende der Reizung bis zur eingetretenen Erschlaffung entsprechen würde.

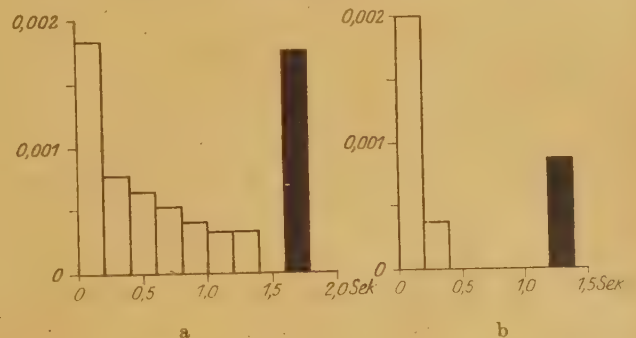


Fig. 4. Analyse der Kurven Fig. 2. a Tetanus von 1,2 Sek. b Tetanus von 0,1 Sek. Ordinate: cal pro 1 g Muskel in 0,2 Sek. Abszisse: Zeit in Sekunden.

Wie kommt nun die Erschlaffungswärme zustande? Wir dürfen wohl grundsätzlich Hills Meinung beipflichten, daß sie nichts anderes ist als die umgewandelte Spannungsenergie des Muskels, die, weil sie nicht zur Arbeitsleistung gedient hat, im Moment der Erschlaffung irreversibel als Wärme zerstreut wird. Denken wir uns, anknüpfend an ein älteres von Volkmann und Fick (5) benutztes Vergleichsmodell, das mir anschaulicher erscheint wie ein ähnliches von Hill und Hartree herangezogenes, eine frei hängende Drahtspirale, durch die wir plötzlich den Strom eines galvanischen Elements hindurchschicken: infolge des Stroms ziehen sich die Windungen gegenseitig an, die Spirale verkürzt sich; halten wir sie aber an beiden Enden fest, so kommt es nur zu einer elastischen Spannung des Drahtes, die mit Aufhören des Stromes wieder verschwindet. Diese Spannung repräsentiert eine gewisse potentielle Energie, die, solange der Strom währt, jederzeit imstande ist, die Spirale zu verkürzen, wenn wir sie los lassen. Woher stammt nun diese Energie und was wird aus ihr beim Aufhören des Stromes? Es ist leicht einzusehen, daß sie aus der elektrischen Energie resultiert. Denn in der Drahtspirale entsteht, gleichzeitig mit dem Auftreten eines magnetischen Feldes, bei Stromschluß eine dem Strom entgegengerichtete

richtete Selbstinduktion, welche den Anstieg des Stromes verlangsamt. Ein gewisser Teil der hierbei in Wegfall gekommenen Energie des stromliefernden galvanischen Elements ist in elastische Spannung des Drahtes umgewandelt. Hört aber der Strom auf, so kommt es in der Spirale zu einer dem Strom gleichgerichteten Selbstinduktion, der keine gleichzeitige chemische Arbeit des Elements entspricht und die ebenfalls in einem geradlinig gespannten Draht fehlen würde, die sich aber bei offenen Drahtenden der Spirale in Joulesche Wärme verwandeln muß. So ist also ein gewisser Teil der elektrischen Energie (bzw. der diese liefernden chemischen Energie des Elements) in Spannungsenergie umgewandelt und beim Aufhören des Stroms an deren Stelle eine entsprechende Wärmemenge getreten. Übrigens weicht dieses Modell in einem charakteristischen Punkt von dem Verhalten des Muskels ab. Denn wenn die elastische Spannung durch Anziehungskräfte zwischen räumlich getrennten Teilen hervorgerufen wird, dann müssen, wie es in unserer Spirale der Fall ist, diese Anziehungskräfte bei Annäherung der Teile weiter zunehmen und es kann mithin die Arbeitsleistung bei der Verkürzung größer sein, als der potentiellen Energie des festgehaltenen Drahtes entspricht. Das ist beim Muskel niemals der Fall. Seine Spannung wird von vornherein um so geringer, je weiter er sich verkürzt. Diese Spannung im Muskel wird zweifellos durch die Anwesenheit einer Substanz hervorgerufen, und zwar sehr wahrscheinlich der Milchsäure selbst oder sonst eines Stoffes, der beim Übergang von Zucker in Milchsäure entsteht; diese Substanz entbindet Kapillarkräfte, welche die Muskelemente in eine neue elastische Ruhelage zwingen.

Indes könnte man die Frage aufwerfen, ob denn der Hillsche Befund und seine Deutung so gesichert ist und ob wir es hier überhaupt mit einem physiologischen Phänomen zu tun haben, nicht etwa mit einem physikalischen, z. B. mit Reibungswärme der Muskelteilchen im Moment der Erschlaffung oder etwas Ähnlichem. Wenn sich diese Bedenken entkräften lassen sollen, müssen wir aber noch den sich im Muskel abspielenden Mechanismus ins Auge fassen, denn die Thermodynamik zeigt uns ja nur die energetischen Verhältnisse, ohne auf das Wie des Geschehens direkt zu antworten. Es ist hier nicht der Ort einer Experimentalkritik, indessen dürfen die Ergebnisse der englischen Forscher als zuverlässig angesprochen werden. Die naheliegenden Bedenken, daß bei der Tätigkeit des Muskels die Erwärmung in anderen Abschnitten als bei der künstlichen Heizung erfolgt, daß die Kontraktion erst nach einer gewissen Latenzzeit auf die Erregung folgt, während der Heizstrom momentan die Joulesche Wärme im ganzen Muskel hervorruft, alles dies ist, verglichen mit den in Betracht kommenden Zeiten, als unwesentlich anzusehen. Die Möglichkeit indes, daß wir es mit

einem rein physikalischen Phänomen zu tun haben, indem sich der Muskel etwa wie ein toter gespannter Strang bei plötzlicher Entlastung erwärmen könnte, haben Hill und Hartree in einer weiteren Arbeit untersucht. Die bisherigen Resultate wurden mit streng isometrischer Kontraktion erhalten. Sobald aber dem Muskel, sei er ruhend oder erregt, Gelegenheit zu freier Verkürzung gegeben wird, durch Be- oder Entlastung, so interkurrieren gewisse thermoelastische Phänomene, die für das elastische Verhalten des Muskels von erheblichem Interesse, aber von seinem Leben ganz unabhängig sind. Der Muskel gleicht dann, was man schon lange mit mehr oder weniger Sicherheit annahm, dem Kautschuk. Er hat wie dieser die Eigenschaft, sich bei Erwärmung zu verkürzen und bei Abkühlung zu verlängern und muß sich daher bei einer durch Belastung hervorgerufenen Dehnung erwärmen, bei Entlastung abkühlen, vorausgesetzt, daß bei-

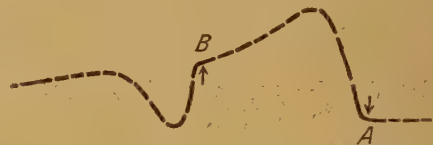


Fig. 5. Von rechts nach links zu lesen. Kurve des Galvanometerausschlags mit Sekundenmarken. Nach oben Temperaturzunahme, nach unten -abnahme. Bei A wird der tote Muskel mit 200 g belastet, bei B entlastet.

des „reversibel“ erfolgt. Dies ist nun von Hill und Hartree auch völlig einwandfrei nachgewiesen worden. Fig. 5 stellt die Reproduktion einer Galvanometerkurve mit den Sekundenmarken dar (von rechts nach links zu lesen), wobei Anstieg nach oben Temperaturzunahme, Senkung Temperaturabnahme bedeutet. Bei A wird der tote Muskel mit 200 g belastet, die Temperatur steigt rasch an, bei B wird er wieder entlastet, die Temperatur fällt ebenso rasch, um dann wieder zu steigen. Dies zweite Steigen kann nicht wundernehmen, der Muskel ist nicht vollkommen elastisch, man kann vielmehr mit Hill und Hartree annehmen, daß er aus einem elastischen Netzwerk (Fibrillen) und einer viskosen Zwischenflüssigkeit (Sarkoplasma) besteht; die Verschiebung dieser letzteren ruft bei allen Bewegungen einen irreversibeln thermischen Effekt hervor, der sich über den reversibeln überlagert. — Wenn nun ein erregter Muskel ein ebensolches thermoelastisches Verhalten aufweist, so muß auch bei ihm bei der Verkürzung eine negative Wärmetönung auftreten, die sich der etwa gleichzeitigen positiven Wärmebildung superponiert. Eine solche negative Wärmeschwankung ist schon von älteren Autoren bei der freien isotonischen Zuckung gelegentlich gefunden; man hat sie später, vielfach wohl mit Recht, auf einen Versuchsfehler, nämlich die Verschiebung der Thermosäule, bezogen. Es scheint nun nach Hill und Hartree, daß sie unter gewissen Umständen bei

der freien Verkürzung wirklich auftritt, aber kein physiologisches, sondern ein physikalisches Phänomen ist. Im Fall der streng isometrischen Kontraktion, wo es zu keiner sichtbaren Bewegung kommt, bleibt nun diese negative Wärme und, wie man infolgedessen annehmen muß, auch die entsprechende positive bei der Erschlaffung aus.

Trotzdem kann man die Frage aufwerfen, ob nicht derartige physikalische Phänomene, wenn auch in etwas komplizierterer Weise, bei der isometrischen Erschlaffungswärme mitzuberechnen sind. Die englischen Autoren nehmen hierzu nicht Stellung; ich möchte dies indes in einem gewissen Umfang für wahrscheinlich halten, aber in dem besonderen Sinn, daß dadurch nicht etwa ein zu großer, sondern ein zu geringer Betrag zerstreuter potentieller Energie bei der Erschlaffung vorgetäuscht wird. Wenn diese Wärme, wie wir mit *Hill* annehmen, nichts anderes als die umgewandelte Spannungsenergie ist, die nicht zur Arbeit gedient hat, so muß sie ebenso groß wie diese sein. Nun zeigen *Hill* und *Hartree* zwar, daß in der Tat eine gewisse Proportionalität besteht zwischen der an einem Trägheitshebel geleisteten Arbeit der Sartorien und der Größe der unter ähnlichen Umständen beobachteten isometrischen Erschlaffungswärme. Aber der absolute Vergleich der mechanischen und thermischen Größen weist eine erhebliche Unstimmigkeit auf. Wir können nämlich unter Benutzung eines von *Fick* angegebenen, von *Hill* weiter ausgearbeiteten Prinzips aus der Größe der isometrischen Spannungsleistung die Arbeit schätzen, die der Muskel mit dieser Spannung hätte leisten können. Vergleicht man die so berechnete Arbeit mit der gebildeten Wärme der anaeroben Kontraktionsphase, so ergaben frühere Versuche von *Hill*, daß im M. sartorius unter günstigsten Umständen 80—100 % dieser Wärme in Arbeit verwandelbar sind. Wenn nun auch wahrscheinlich die Hillsche Formel einen zu hohen Wirkungsgrad ergibt, und bei den jetzigen Versuchen vielleicht nicht die günstigsten Bedingungen eingehalten sind (aus technischen Gründen dürfte die Anfangsspannung recht hoch gewesen sein, was hierfür nachteilig ist), so müssen wir doch annehmen, daß diese potentielle Energie auch in den jetzigen Versuchen gegen 50 % der Gesamtenergie beträgt. Die Erschlaffungswärme macht aber bei 0° nur 25 bis 35 %, bei 10° sogar nur 15—24 % der Gesamtwärme aus. Diese Diskrepanz können wir vermutungsweise erklären, wenn wir nicht voraussetzen, daß bei der isometrischen Kontraktion jegliche Bewegung ausbleibt, sondern entsprechend den mikroskopischen Befunden *Hürthles* an der Kontraktion nur gewisse Abschnitte der Fibrillen, die doppeltbrechenden Teile derselben, teilnehmen lassen. Dann muß nämlich bei der isometrischen Anspannung eine gewisse innere Bewegung stattfinden, indem die einfachbrechenden Teile auf Kosten der sich etwas verkürzen-

den anisotropen Elemente gedehnt werden; dadurch muß ein gewisser Reibungsverlust der potentiellen Energie stattfinden, der bei höherer Temperatur größer als bei tiefer ist, wegen der durch die größere Schnelligkeit der Bewegung bedingten noch mangelhafteren „Reversibilität“ der Formveränderung. Dieser Anteil, der unter Umständen in Arbeit hätte verwandelt werden können, tritt dann als Wärme schon in der ersten Phase in Erscheinung und geht somit der Erschlaffungswärme verloren; zweitens könnten auch die thermoelastischen Konstanten der beiden Fibrillenabschnitte ein verschiedenes Verhalten zeigen, so daß sich bei der Anspannung ein positives, bei Erschlaffung ein negatives Glied auf die jeweilige positive Wärme superponiert. Weniger wahrscheinlich dürfte es sein, daß ein gewisser Teil der Energie gar nicht in Wärme verwandelt, sondern wieder absorbiert werden könnte. Den endgültigen Entscheid dieser Fragen müssen wir von weiteren Untersuchungen mit der Hillschen Methode erhoffen.

Welchen Mechanismus sollen wir nun für die hier beobachtete Erschlaffungswärme voraussetzen? Auf den ersten Blick könnte man geneigt sein, in den Messungen eine Bestätigung der sogenannten Fickschen Hypothese zu erblicken, daß nämlich ebenso wie die Verkürzung des Muskels auch die Wiederverlängerung nur durch äußere Energiezufuhr möglich sei und, wie *Fick* spezieller annimmt, ebenso wie diese durch einen chemischen Prozeß mit bedeutender positiver Wärmetönung und Arbeitsfähigkeit bewirkt würde. Man kann nun zwar diese Annahme so modifizieren oder erweitern, daß sie den verschiedensten Erscheinungen gerecht wird; halten wir aber an der hier benutzten, den Ansichten *Ficks* wohl genau entsprechenden scharfen Formulierung fest [vgl. *Frank* (6)], so wäre eine Interpretierung des Hillschen Befundes in diesem Sinne ein schwerer Irrtum. Die Erschlaffungswärme darf nämlich, wenn unsere Deutung zutrifft, nur dann auftreten, wenn der Muskel sich nicht hat zusammenziehen können; hätte er sich aber frei *ohne* Leistung äußerer Arbeit kontrahiert, so hätte ein entsprechendes Plus an Wärme schon vorher bei der Verkürzung auftreten müssen; hätte er sich *mit* Leistung äußerer Arbeit verkürzt, so wäre das Äquivalent dieser Wärme als Arbeit abgegeben, in beiden Fällen erfolgte — abgesehen von etwaigen thermoelastischen Vorgängen — die Erschlaffung wärmefrei. Aber auch daß die isometrische Erschlaffungswärme *chemischen* Ursprungs sei, läßt sich nicht nur nicht beweisen, sondern geradezu ausschließen. Wie ich kürzlich gezeigt habe, wird im tätigen Muskel eine gewisse Menge Glykogen in Milchsäure verwandelt. Dabei wird eine bestimmte Wärme abgegeben; bei tetanischer Kontraktion und tiefer Temperatur (7°) etwa 450 cal auf 1 g Milchsäure. Die ganze thermochemische Bildungswärme der Milchsäure aus Glykogen beträgt pro Gramm nur

wir aber noch wichtige und bestimmtere Aufklärungen über die Thermodynamik des tätigen Muskels erwarten.

Literatur:

1. Zur Ergänzung vergleiche den im Text zitierten Aufsatz von mir, „Naturwissenschaften“ Band 8, S. 696. Dort auch weitere Literatur. Ferner O. Meyerhof, Pflügers Archiv 182 S. 232 und 284 und 185 S. 11 (1920).
2. Hill und Hartree, The four phases of heat-production of muscle. Journ. of Physiology Band 84 (1920) S. 84. (H. 1 und 2, 19. August.) The thermo-elastic properties of muscle. Philosophical transactions of the royal soc. London. Ser. B, Band 210, S. 153 (12. X. 1920).
3. A. V. Hill, Journ. of Physiology 46 (1913), S. 28.
4. Weizsäcker, Journal of Physiology 48 (1914) S. 396.
5. Fick; Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskeltätigkeit, Leipzig 1882.
6. Frank, Thermodynamik des Muskels, insbesondere Kap. 18, Asher-Spiros Ergebnisse der Physiologie Band III, 2 (1904), S. 349. Die Franksche Darstellung ist zwar hinsichtlich der experimentellen Tatsachen vielfach überholt, aber in ihren prinzipiellen Erörterungen noch immer von bedeutendem Wert.
7. Bethe, Verhdlgn. des Physiologenkongresses, Hamburg. Berichte über die ges. Physiologie Bd. 3, S. 591 (1920).
8. Masing, Pflügers Archiv 156, 401 (1914).

Zuschriften an die Herausgeber.

Ein weiteres Zahlenmysterium in der Theorie des Zeemaneffektes.

Zum gleichnamigen Aufsatz des Herrn Sommerfeld in den „Naturwissenschaften“ 1920 Heft 4.

Herr Sommerfeld hat vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift über eine von ihm entdeckte Zahlenbeziehung im Reiche des Zeemaneffektes berichtet, die von so überraschender Einfachheit und Folgerichtigkeit ist, daß er sie das vollkommenste Beispiel jener Zahlenharmonien nannte, die die neue Theorie der Spektren beschert hat. Er gab ihr den Namen eines „Zahlenmysteriums“, weil trotz der außerordentlichen Durchsichtigkeit dieser Zahlenbeziehung eine theoretische Erklärung einstweilen noch nicht geglückt ist. Die von Herrn Sommerfeld aufgestellte Zahlenfolge regelt die relativen Größen der magnetischen Aufspaltung aller Spektrallinien, die in das allgemeine Serienschema sich einfügen, und gibt eine einfache Regel zur Voraussage des Rungeschen Nenners für alle Linien und alle formal möglichen Kombinationen des Serienschemas. Eine Lücke läßt diese Zahlenfolge noch übrig. Sie vermag nichts vorzusagen über die Anzahl der magnetischen Komponenten, ihre Symmetrieverhältnisse und Abstände von der Lage der feldlosen Linie.

Wir sind nun in der Lage, diese Lücke zu schließen und der Regel des Herrn Sommerfeld eine andere an die Seite zu stellen, die ebenso einfach, aber zunächst auch ebenso rätselhaft ist. Sie ist aus denselben Beobachtungsergebnissen abgeleitet, die Herrn Sommerfeld zur Entdeckung seiner Zahlenfolge geführt haben. Diese Beobachtungen, vom Verfasser im Tübinger Institut auf Veranlassung von Herrn

Prof. Paschen schon früher ausgeführt, werden in der übersichtlichen Form, in die sie Herr Sommerfeld bei seiner ausführlichen Behandlung des Gegenstandes¹⁾ gebracht hat, dem folgenden zugrunde gelegt. Unsere Regel folgt daraus mit dem gleichen Grade von Wahrscheinlichkeit wie die des Herrn Sommerfeld; sie wird uns in den Stand setzen, für alle Linien des Serienschemas und seine Kombinationen die Anzahl der magnetischen Komponenten, die Symmetrieverhältnisse und die Polarisierung sofort zum Voraus anzugeben und führt auf kurzem Wege zu der allgemeinen und quantitativen Konstitutionsformel der anomalen Zeemantypen.

Der Kürze halber knüpfen wir an die Darstellung von Herrn Sommerfeld in dem am Eingang zitierten Aufsatz in den „Naturwissenschaften“ unmittelbar an und dürfen also die Grundvorstellungen von Zeemaneffekt, Serienordnung und Kombinationsprinzip voraussetzen. Wir wollen jedoch mit wenigen Worten nochmals auf die von Herrn Sommerfeld bereits in Betrachtung gezogene Ordnung des allgemeinen Serienschemas zurückkommen: die Schwingungszahl ν jeder Linie wird dargestellt durch die Differenz zweier „Terme“ (z. B. $2P - mS$). Der eine Term ($2P$) ist konstant und identisch mit der sogenannten Seriengrenze. Der zweite Term (mS) ist variabel und nähert sich mit wachsender Ordnungszahl m dem Werte Null. Die Gesamtheit aller ν -Werte, die aus der Termdifferenz („Termkombination“ genannt) durch Variation der Ordnungszahl m hervorgehen, bildet eine Serie. Nach der von Herrn Sommerfeld schon erwähnten Prestonschen Regel haben alle Linien einer und derselben Serie denselben Zeemaneffekt. In dem besonderen Falle unseres Beispiels ($2P - mS$) ist dieser der Typus des „normalen“ Triplets. Linien einer anderen Termkombination, z. B. der Teilserie $2p_1 - m d_1$ haben einen anderen Zeemaneffekt, der jedoch wieder für alle Werte ν dieser Termkombination bei Variation der Ordnungszahl m gleichbleibt. Man schließt daraus, daß für den Zeemaneffekt die Ordnungszahl m irrelevant ist, d. h. daß der Zeemaneffekt ausschließlich durch die Termkombination oder prägnanter „Symbolkombination“ bestimmt wird, denn diese allein bleibt ja als Träger der physikalischen Eigenschaften der von ihr gebildeten Linien übrig, wenn man die Ordnungszahl m eliminiert. Hiermit ist das Kombinationsprinzip in den Zeemaneffekt eingeführt, und die erste Schlußfolgerung müßte die sein, daß Hauptserie und zweite Nebenserie stets unter sich gleiche Zeemantypen haben, da in ihnen die Symbolkombination dieselbe ist (im obigen Falle $2P - mS$ für die Hauptserie und $1.5S - mP$ für die zweite Nebenserie, d. i. die Symbolkombination PS). In der Tat ist dies auch ausnahmslos durch die Erfahrung bestätigt, wir werden im folgenden deshalb immer nur die Typen der zweiten Nebenserie erwähnen; was für diese gilt, das gilt dann auch immer für die Typen der zugehörigen Hauptserie. Für die Einordnung der Zeemaneffekte in das Serienschema brauchen wir nach dem Gesagten also gar nicht die Serienformel, die die einzelnen Schwingungszahlen einer Serie wiedergibt, wir haben vielmehr nur die Symbolkombinationen des Serienschemas aufzustellen und ihnen die zugehörigen Zeemantypen zuzuordnen. Ein übersichtliches Bild der Symbolkombinationen gibt die nachstehende Tabelle 1.

¹⁾ Annalen der Physik Bd. 63, 1920, S. 241 ff., Tabelle 2—5.

Tabelle 1.

Die Symbolkombinationen des Serienschemas.

Serienarten		Einfache Linien	Dublets	Triplets
	Haupt- und II. Nebenserie	$P S$	$p_1 \text{ s}$ $p_2 \text{ s}$	$p_1 s$ $p_2 s$ $p_3 s$
	I. Nebenserie	$P D$	$p_1 d_1$ $p_1 d_2$ $p_1 d_3$ $p_2 d_2$ $p_2 d_3$ $p_3 d_3$	$p_1 d_1$ $p_1 d_2$ $p_1 d_3$ $p_2 d_2$ $p_2 d_3$ $p_3 d_3$
	Bergmannserie	$P B$	$b_1 b_1$ $b_1 b_2$ $b_2 b_2$	$d_1 b_1$ $d_1 b_2$ $d_1 b_3$ $d_2 b_2$ $d_2 b_3$ $d_3 b_3$
	X-Serie	$P X$	$b_1 x_1$ $b_1 x_2$ $b_1 x_3$ $b_2 x_3$ $b_2 x_3$ $b_3 x_3$	$b_1 x_1$ $b_1 x_2$ $b_1 x_3$ $b_2 x_3$ $b_2 x_3$ $b_3 x_3$

Die Bedeutung der Symbole p , s , d usw. hat Herr Sommerfeld in der oben genannten Arbeit erläutert. Wir wollen nur noch darauf hinweisen, daß wir uns aus Gründen der Kürze und der Übersichtlichkeit der Schreibweise von Herrn Paschen bedienen und mit großen lateinischen Buchstaben die Terme der einfachen Linien, mit kleinen deutschen die der Dublets, mit kleinen lateinischen die der Triplets bezeichnen. Wie man sieht, führen die kleinen deutschen und lateinischen Buchstaben in der Mehrzahl der Fälle einen Index (1, 2 oder 3). Dieser Index kommt allen solchen Linien bzw. Termen zu, die Multiplizität besitzen. In ihm ist die physikalische Beziehung der Multiplizität, der Rangordnung nach Lage im Spektrum und der relativen Intensität der Linie enthalten. Wie für den Runge'schen Nenner die „Buchstabenklasse“ (p , s , d , b

usw.) und die Serienart in der Sommerfeld'schen Zahlenfolge maßgebend war, so werden wir sehen, daß in unserer Zahlenfolge ebenfalls die Serienart, aber nun in Verbindung mit dem Index für die Anzahl und die Symmetrie- und Polarisationsverhältnisse der Komponenten maßgebend ist. Diese Indexziffern sind der Schlüssel zu der Vielgestaltigkeit der bekannten und, wie wir hinzusetzen dürfen, noch unbekannten Zeemantypen.

Um ein Bild dieser vielgestaltigen magnetischen Typen des Serienschemas vor Augen zu haben, geben wir zunächst in Tab. 2 A.—E. den Bau dieser Typen durch Angabe des Runge'schen Zählers, des Runge'schen Nenners und der Polarisationsverhältnisse

Tabelle 2.

Die experimentell gefundenen Zeemantypen des Serienschemas.

- A. Einfache Linien.
B. Dublets, II. N.-Serie.
C. Triplets, II. N.-Serie.
D. Dublets, I. N.-Serie.
E. Triplets, I. N.-Serie.

A.

$q =$	0	± 1	± 2
$r = 1 \left\{ \begin{array}{l} P S \\ P D \\ P B \end{array} \right.$	π π π	σ σ σ	— — —

B.

$q =$	0	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5
$r = 3 \left\{ \begin{array}{l} p_1 \text{ s } (D_2) \\ p_2 \text{ s } (D_1) \end{array} \right.$	— —	π —	— π	σ —	— σ	σ —

C.

$q =$	0	± 1	± 2	± 3	± 4
$r = 2 \left\{ \begin{array}{l} p_1 s \\ p_2 s \\ p_3 s \end{array} \right.$	π — π	π π —	σ — —	σ σ —	σ σ σ

D.

$q =$	0	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10	± 11	± 12	± 13	± 14	± 15	± 16	± 17	± 18	± 19	± 20	± 21	± 22	± 23	± 24
$r = 15 \left\{ \begin{array}{l} p_1 d_1 \\ p_1 d_2 \\ p_2 d_2 \end{array} \right.$	— — —	π — π	— — —	π — —	— π —	— — —	— — —	— — —	— σ —	— — σ	— — —	— — —	— π —	— — σ	— — —	— — —	σ — —	— σ —	— — —	σ — —	— — —	— — —	— — —	— — σ	— — —

E.

$q =$	0	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9	± 10	± 11	± 12	± 13	± 14	± 15
$r = 6 \left\{ \begin{array}{l} p_1 d_1 \\ p_1 d_2 \\ p_1 d_3 \\ p_2 d_2 \\ p_2 d_3 \end{array} \right.$	π — π π π	π — — — —	π π — π —	— — σ — σ	— π — — —	— σ — — —	σ — π — π	σ σ — σ —	σ — — σ —	σ σ — σ —	σ — — — —	— σ — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — σ — —

wieder¹⁾. Wir bezeichnen in dieser Tabelle parallele Polarisationen mit dem Buchstaben π , senkrechte Polarisationen mit dem Buchstaben σ . Diese Tabellen lassen uns nun den Typus jeder Symbolkombination des Serienschemas entnehmen mit Ausnahme der Typen der Bergmannserien und der im Schema als X-Serien bezeichneten hypothetischen weiteren Serien, weil über diese beiden Seriengruppen verlässliche Beobachtungen des Zeemaneffektes noch nicht vorliegen.

Um zu unserer Regel zu gelangen, nehmen wir nun mit den Indizes der Symbolkombinationen des Serienschemas sämtliche Permutationen vor, wobei wir diejenigen gleich weglassen, die in der Natur als Kombinationslinien nicht auftreten. Wir ordnen dazu zunächst die Termkombinationen so an, daß der höchste vorkommende Index Null oder 1 ist (Tab. 3 Sp. 1). Jetzt setzen wir in die zweite Spalte daneben die Anzahl der parallel polarisierten Komponenten, die nach dem experimentellen Befund (vgl. Tab. 2 A—E) diesen

der parallelen Komponenten, so erhalten wir die Zahlenreihe 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11. In gleicher Weise bilden wir jetzt die Kombinationen der Symbole mit dem Index 2 und endlich ebenso der mit dem Index 3 (Spaltengruppe II und III d. Tab. 3) und verfahren mit der Summebildung ebenso. Die durch die Schrift der Symbole allein schon gekennzeichnete Zugehörigkeit zu den verschiedenen Serien haben wir im Eingang links an der Tabelle 3 nochmals besonders vermerkt. Daraus entnehmen wir, daß wir für die in der Tabelle enthaltenen Kombinationen als Summe der Komponentenzahlen plus Indizes folgende Zahlen erhalten: einfache Linien II. N.-S. 1; Dubl. II. N.-S. 3; Tripl. II. N.-S. 4; Dubl. I. N.-S. 6; Tripl. I. N.-S. 7; Dubl. Bg.-S. 8; Tripl. Bg.-S. 9; Dubl. X-S. 10; Tripl. X-S. 11. Auf dieselben Zahlen für die einzelnen Serienarten führen uns auch die Kombinationen der Indizes 2 und 3, wie wir aus derselben Tabelle (Spalte 8 u. 12) entnehmen.

Tabelle 3.
Die Indexregel der Hauptlinien.

	I				II				III			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Symbol- kombination	Anzahl der parallelen Komponenten	Summe der Indizes	Summe der parallelen Komponenten + Indexsumme	Symbol- kombination	Anzahl der parallelen Komponenten	Summe der Indizes	Summe der parallelen Komponenten + Indexsumme	Symbol- kombination	Anzahl der parallelen Komponenten	Summe der Indizes	Summe der parallelen Komponenten + Indexsumme
Einf. Linien												
II. N.-Serie.	$P\ S$	1	0	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Dublets												
II. N.-Serie.	$p_1\ s$	2	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Triplets												
II. N.-Serie.	$p_1\ s$	3	1	4	—	—	—	—	—	—	—	—
Dublets												
I. N.-Serie..	$p_1\ d_1$	4	2	6	$p_2\ d_2$	2	4	6	—	—	—	—
Triplets												
I. N.-Serie..	$p_1\ d_1$	5	2	7	$p_2\ d_2$	3	4	7	$p_3\ d_3$	1	6	7
Dublets												
Bg.-Serie ..	$b_1\ b_1$	(6)	2	8	$b_2\ b_2$	(4)	4	8	—	—	—	—
Triplets												
Bg.-Serie ..	$d_1\ b_1$	(7)	2	9	$d_2\ b_2$	(5)	4	9	$d_3\ b_3$	3	5	9
Dublets												
X-Serie....	$b_1\ x_1$	(8)	2	10	$b_2\ x_2$	(6)	4	10	—	—	—	—
Triplets												
X-Serie....	$b_1\ x_1$	(9)	2	11	$b_2\ x_2$	(7)	4	11	$b_3\ x_3$	(5)	6	11

Kombinationen zukommen, und wir finden die aufsteigende Zahlenreihe 1, 2, 3, 4, 5. Über die Bergmannserie und X-Serie, die uns noch fehlen, können wir keine experimentell bestätigten Angaben machen, aber niemand wird zweifeln, daß wir unsere Zahlenreihe mit 6, 7, 8, 9 usw. fortsetzen dürfen. Diese experimentell nicht bestätigten Zahlen sind zum Unterschied von den bestätigten eingeklammert. In die Spalte 3 schreiben wir die zugehörige Summe der Indizes der in der ersten Spalte stehenden Symbolkombinationen hinein. Addieren wir nun diese Indexsummen zu der jeweils links von ihnen stehenden Zahl

Wir behaupten aber weiter, daß die Beziehung: „Summe der Indizes plus paralleler Komponentenzahl für jede Serienart = Const.“ ganz allgemein gilt. Dazu schreiben wir unsere Termkombinationen folgendermaßen:

		Parallele Komp.	Index- summe	Summe Parallel- komp. plus Indexsumme
Einfache Linien	$P\ S$	1	0	1
Triplets II. N.-S.	$p_1\ s$	3	1	4
	$p_2\ s$	2	2	4
	$p_3\ s$	1	3	4

¹⁾ Die Form dieser Tabelle ist der Arbeit von Herrn Sommerfeld, Annalen der Physik 63, 1920. S. 241 ff., entnommen.

		Parallele Komp.	Index- summe	Summe Parallel- komp. plus Indexsumme
Triplets I. N.-S.	$p_3 d_3$	1	6	7
	$p_2 d_3$	2	5	7
	$p_1 d_3$	3	4	7
	$p_2 d_2$	3	4	7
	$p_1 d_2$	4	3	7
	$p_1 d_1$	5	2	7

Wir finden hier unsere Behauptung bestätigt und können nun, da wir in der Tabelle 3 für die Bergmannserie der Triplets die Summenzahl 9 gefunden haben, hieraus sinngemäß diese Zahlenfolge für die Bergmannserie fortsetzen, deren Komponentenzahl, die experimentell unbekannt ist, uns unser Schema nun von selbst liefert:

		Parallele Komp.	Index- summe	Summe Parallel- komp. plus Indexsumme
Triplets Bg.-S.	$d_3 b_3$	3	6	9
	$d_2 b_3$	4	5	9
	$d_1 b_3$	5	4	9
	$d_2 b_2$	5	4	9
	$d_1 b_2$	6	3	9
	$d_1 b_1$	7	2	9

Die Komponentenzahl 3 für den Typus $d_3 b_3$ konnte überdies experimentell bestätigt werden, und zwar an der Linie 3911 Ba , die nach Herrn Popow¹⁾ die Kombination $3 d_3 - 4 b_3$ darstellt.

Es ist ein leichtes, unsere Zahlenfolge auch für die hypothetische, der Bergmannserie folgende X-Serie fortzusetzen, da wir ja aus Tabelle 3 für die Linie $b_1 x_1$ die Summenzahl 11 entnehmen können und die Indexsummen gegeben sind. Mithin schreiben wir:

		Parallele Komp.	Index- summe	Summe Parallel- komp. plus Indexsumme
Triplets I. X.-S.	$b_3 x_3$	5	6	11
	$b_2 x_3$	6	5	11
	$b_1 x_3$	7	4	11
	$b_2 x_2$	7	4	11
	$b_1 x_2$	8	3	11
	$b_1 x_1$	9	2	11

Genau so verfahren wir mit den Dublets, nur daß wir hier statt der Anzahl der parallelen Komponenten die halbe Anzahl der senkrechten Komponenten nehmen, was wir später begründen werden.

		$\frac{1}{2}$ senk- rechte Komp.	Index- summe	Summe $\frac{1}{2}$ senkrechte Komp. plus Indexsumme
Dublets II. N.-S.	$p_1 s$	2	1	3
	$p_2 s$	1	2	3
I N-Serie	$p_2 d_2$	2	4	6
	$p_1 d_2$	3	3	6
	$p_1 d_1$	4	2	6

Auch hier extrapolieren wir vertrauensvoll auf die unbekannte Bergmann- und X-Serie der Dublets und fahren fort:

		$\frac{1}{2}$ senk- rechte Komp.	Index- summe	Summe $\frac{1}{2}$ senkrechte Komp. plus Indexsumme
Dublets Bg.-S.	$b_2 b_2$	4	4	8
	$b_1 b_2$	5	3	8
	$b_1 b_1$	6	2	8
X-Serie	$b_2 x_2$	6	4	10
	$b_1 x_2$	7	3	10
	$b_1 x_1$	8	2	10

Wir sind mit diesen Zahlenfolgen nun ohne weiteres in der Lage, für jede Symbolkombination die Anzahl der parallelen Komponenten bei den einfachen Linien und Triplets, der senkrechten Komponenten bei den Dublets anzugeben. Dies genügt aber zur Angabe der Anzahl *aller* Komponenten. Einem freundlichen Hinweise von Herrn Prof. Paschen verdanke ich die Kenntnis einer Regel, die er aus allen ihm bekannten Zeemantypen abgeleitet hat, und nach der die Anzahl der parallelen Komponenten eines Typus immer gleich ist der halben Anzahl der senkrechten Komponenten. Als einzige Ausnahme von dieser Regel fand Herr Paschen nur den D_1 -Typus ($p_2 s$) und den Typus ($p_1 b_2$) der ersten Dublettenreihe. Die Kenntnis der Anzahl der parallelen Komponenten vermittelt uns im allgemeinen also auch die Kenntnis der senkrechten und umgekehrt.

Als besonders interessanten Fall führen wir zum Schluß noch die erste Triplettenreihe des Magnesiums an, die eine Sonderstellung im Serienschema einnimmt, indem hier die Multiplizität des d -Termes fehlt, wir also an Stelle von $d_1 d_2 d_3$ nur d zu schreiben haben. Die Anordnung der experimentell gefundenen Komponenten gibt die nachstehende Tabelle 4.

Tabelle 4.

I. Triplet-Nebenserie des Magnesiums.

$q =$	0	± 1	± 2	± 3	± 4
$r = 2$	$p_1 d \lambda = 3838$	π, σ	π, σ	σ	σ
	$p_2 d \lambda = 3832$	$\sigma (!)$	π, σ	π	σ
	$p_3 d \lambda = 3829$	π, σ	0	π, σ	0

Wir entnehmen hieraus, daß der Runge'sche Nenner für diesen Typus 2 ist, was sich nach dem Sommerfeld'schen Zerlegungssatz bei nicht multipltem d -Term auch ohne weiteres ergibt, und ferner, daß bei jedem dieser drei Typen eine gewisse Anzahl von Komponenten zugleich senkrecht und auch parallel polarisiert ist. Wie verhält sich in diesem ganz anomalen Falle unsere neue Regel? Wir verfahren so, daß wir zuerst die Summe der parallelen Komponenten und dann die halbe Summe der senkrechten Komponenten in Rechnung ziehen und erhalten folgendes:

		Parallel- Komp.	Index- summe	Summe Parallel- komp. plus Indexsumme
Triplet I. N.-S. Mg.	$p_3 d$	3	3	6
	$p_2 d$	4	2	6
	$p_1 d$	5	1	6

¹⁾ Ann. d. Phys. 45, S. 155, 1914.

		$\frac{1}{2}$ Senk- rechte Komp.	Index- summe	Summe Parallel- komp. plus Indexsumme
Triplet I. N.-S.	$p_3 d$	2,5	3	5,5
Mg.	$p_2 d$	3,5	2	5,5
	$p_1 d$	4,5	1	5,5

Also selbst für diesen anomalen Fall ist unsere Behauptung: „Summe der parallelen bzw. halbe Summe der senkrechten Komponenten plus Indexsumme = Const.“ voll bestätigt.

Außer der Komponentenzahl gibt unsere Regel ohne weiteres noch gewisse Aufschlüsse über die Symmetrieverhältnisse der Typen: Wir können ganz allgemein zwei Gruppen von Symmetrien unterscheiden, nämlich eine, bei der am Ort der feldlosen Linie eine Zeemankomponente liegt und eine solche, wo dieser Platz frei bleibt. Letzteres tritt natürlich immer und nur für eine gerade Parallelkomponentenzahl, ersteres für eine ungerade ein. Unsere obigen Zahlentabellen ermöglichen also für jede Termkombination die Symmetrieart anzugeben. Werfen wir noch einmal einen Blick auf Tab. 3, die die sogenannten „Hauptlinien“ des Serienschemas enthält, so finden wir einen ganz regelmäßigen Symmetriewechsel zwischen den Serienarten, bei dem stets den Dubletserien die ganzzahlige Symmetrie zugeordnet ist. Es gilt nun ganz allgemein für alle Dubletlinien — also nicht nur für die Hauptlinien — das unserer Regel übergeordnete Prinzip, daß die Dubletlinien immer geradzahlige Symmetrie besitzen müssen. Bei den Tripletlinien dagegen finden wir¹⁾ Symmetriewechsel als strenge Folge unserer Indexregel. Dies ist der innere Grund, weshalb wir für die Dubletlinien an Stelle der parallelen Komponentengruppen in unseren Tabellen die senkrechten setzen müssen. Wollten wir, wie bei den Triplets, die parallelen Gruppen auch bei den Dublets der Regel zugrunde legen, so fielen die Kombinationen $p_2 d$ und $p_1 d$ aus unserer Reihe heraus, die für $p_2 d$ nur 1 statt 2, für $p_1 d$ 3 statt 4 parallele Komponenten erwarten ließe. Hiermit würde aber das höhere Prinzip der geradzahligen Symmetrie für Dublets durchbrochen, es treten deshalb in diesem Falle 2 und 4 parallele Komponenten auf, während die Anzahl der senkrechten Komponenten sich auch hier unserer Regel genau einfügt.

Ganz in der Weise, wie Herr Sommerfeld den Rungeschen Nenner der Termkombinationen durch Entdeckung seines Zerlegungssatzes in die Nenner der einzelnen Symbole hat zerlegen können, so läßt sich auch aus unserer Regel ein Zerlegungssatz für die Komponentenzahl aller Kombinationen ableiten, der zu ebenso durchsichtigen Zahlenfolgen führt wie der Zerlegungssatz für den Rungeschen Nenner. Im Zerlegungsschema des Herrn Sommerfeld ergibt sich der Rungesche Nenner einer Symbolkombination als Produkt der Nenner der Einzelsymbole, in unserm Zerlegungsschema die Komponentenzahl einer Symbolkombination als Summe der Komponentenzahlen der Einzelsymbole. Gleichzeitig gibt das so gewonnene Zerlegungsschema²⁾ ein genaues Bild der Symmetrie-

¹⁾ Vgl. die kleinen Tabellen, in denen die Zahl der Parallelkomponenten und Indexsummen gegenübergestellt sind.

²⁾ Es ist von Interesse zu bemerken, daß diese Zerlegungstabelle von selbst für den Fall des Mg ($d_1 = d_2 = d_3 = d$) die ganz eigenartige Anomalie der Tabelle 4 ergibt, womit zugleich dieser Typus als ein selbständiger und nicht als Übergangstypus erwiesen ist.

verhältnisse aller aus dem Serienschema abzuleitenden Symbolkombinationen.

Eine eingehende Darstellung dieses Gegenstandes mit Beigaben der experimentellen Unterlagen ist für die „Annalen der Physik“ vorbereitet, wo insbesondere die an die Indexregel sich anschließenden weiteren Fragen ausführlich behandelt werden. Es schien uns trotzdem nicht unangemessen, nachdem der Zerlegungssatz des Herrn Sommerfeld in dieser Zeitschrift einem weiteren Leserkreise bekanntgeworden ist, auch unsere neue Indexregel, die den Sommerfeldschen Satz ergänzt und in ihrer weiteren Verfolgung zu der sehr einfachen quantitativen Konstitutionsformel aller Zeemantypen führt, dem gleichen Leserkreise zu unterbreiten.

Es würde zu weit führen, den mit der Indexregel erschlossenen Weg an dieser Stelle weiter zu verfolgen. Statt dessen möge die Verweisung auf die Hauptarbeit des Verfassers genügen, doch sollen die Marksteine am Wege hier wenigstens genannt werden: Die Komponentenzahl für alle Typen der Serien des Serienschemas folgt aus unserer Indexregel („1. Indexregel“). Die Komponentenzahl der Einzelsymbole und damit aller Symbolkombinationen i. e. S. liefert der eben erwähnte „Zerlegungssatz der Komponentenzahl“; er läßt zugleich die theoretisch noch ungeklärten Serienmultiplizitäten in einem neuen Lichte und in genauem Zusammenhang mit den Zeemanmultiplizitäten erscheinen. Es tritt ferner hinzu das „Bildungsgesetz der Spannweiten“, das die Lage der ersten senkrecht polarisierten Zeemankomponente liefert, gemessen in Einheiten des Rungeschen Nenners von der Ruhelage der feldlosen Linie aus. Für die „Hauptlinien erster Ordnung“ (d. s. alle Symbolkombinationen, in denen der höchste vorkommende Index 0 oder 1 ist, also die Indexkombinationen 0,0; 0,1; 1,0; 1,1) ist die Spannweite stets = a , wie auch ein Blick auf unsere Tabelle 2 A.—E. beweist. Aus dieser „Spannweite“ wird die Lage aller übrigen Komponenten des Typus eindeutig bestimmt durch die „Stufenregel“, wobei wir unter „Stufe“ den Abstand einer senkrechten- oder parallelen Komponente von der ihr benachbarten gleicher Polarisation verstehen (gemessen in Einheiten des Rungeschen Nenners). Die Größe der Stufen für die einzelnen Symbolkombinationen ist bestimmt durch die „2. Indexregel“, die noch einfacher als die erste ist und zugleich das Symmetrieprinzip der verschiedenen Zeemantypen enthält. Die Stufenregel in Verbindung mit der 2. Indexregel gibt in gleich einfacher Weise die Lage der ersten senkrechten Komponenten für alle diejenigen Symbolkombinationen, die nicht zu den erwähnten Hauptlinien gehören. Die scheinbare Vielheit dieser Regeln ist selbst nur die Wirkung eines einheitlichen übergeordneten Prinzips, dem der Verknüpfung der Indexfolge mit der Symmetriefolge der Wiederholungs-, Spiegelungs- und Doppelspiegelsymmetrie. Die Sonderstellung der Dublets, insbesondere, die zum Teil schon im Verlaufe unserer Darstellung zum Ausdruck kommt, folgt streng aus dem die Klasse der Dubletterme beherrschenden Gesetz der „fortlaufenden Spiegelsymmetrie“. Dieses besteht darin, daß die im obigen zusammengestellten Regeln für den Aufbau der Zeemantypen auf alle Dubletterme in der Weise anzuwenden sind, daß überall da, wo nach diesen Regeln eine Komponente zu setzen wäre, ein Spiegel zu denken ist, der die Lage der nächstfolgenden Komponente als Spiegelbild der vorangehenden ergibt. Unter dieser Voraussetzung befolgen auch die Dubletterme streng dieselben Regeln für den Aufbau der Zeemantypen wie die übrigen Terme. Dieses Gesetz der fortlaufenden Spiegelsym-

metria für die Dublets erweist sich auch, wie leicht zu sehen ist, als der Grund, weshalb in die Zerlegungstabelle des Herrn Sommerfeld für den Rungeschen Nenner der Dubletterme die Reihe der ungeraden Zahlen eingeht.

Der Zerlegungssatz des Herrn Sommerfeld für den Rungeschen Nenner wird bei diesen Betrachtungen in einem neuen Lichte erscheinen, bleibt jedoch seinem Inhalte nach unangetastet und erweist sich als der Grund- und Eckstein des Aufbaues aller Zeemantypen. Die von Herrn Sommerfeld hypothetisch eingeführte Größe des „Rungeschen Zählers“ dagegen dürfte kaum in ihrer bisherigen Gestalt erhalten bleiben, es läßt sich sogar zeigen, daß eine Größe dieser Definition nicht existieren kann.

Bezüglich aller Einzelheiten und namentlich hinsichtlich der Anwendung unserer neuen Regeln verweisen wir den sich hierfür interessierenden Leser auf die Hauptarbeit. Wir sind mit der Gesamtheit dieser Regeln nunmehr in den Stand gesetzt, alle denkbaren Kombinationen des Serienschemas quantitativ vorauszusagen und umgekehrt aus Zeemantypen von Spektrallinien, deren Stellung im Serienschema nicht bekannt ist, die zugrundeliegende Symbolkombination zu bestimmen, sofern diese Linien überhaupt aus den Symbolen des bis jetzt bekannten Serienschemas gebildet sind. Der Erforschung der Spektren ist damit ein neues Hilfsmittel zur Verfügung gestellt.

So erweist sich die neue Indexregel in ihrer ange deuteten Erweiterung als ein sicherer Führer durch das Labyrinth der anomalen Zeemantypen, und man darf erwarten, daß sie auch dem theoretischen Verständnis der Serienmultiplizitäten und der mit diesen verknüpften Zeemananomalien ein nützlicher Wegweiser werden wird.

Tübingen, den 10. Februar 1921.

E. Back.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 5. Februar 1921 hielt Herr Landesgeologe Professor Fliegel (Berlin) einen Vortrag über die Türkei nach dem Friedensschluß. Das Friedensdiktat von Sèvres soll dem Türkischen Reiche Arabien, Mesopotamien, Palästina, Syrien, Armenien, Kurdistan, den Süden und Südwesten Kleasiens und das europäische Gebiet bis auf Konstantinopel und dessen nächste Umgebung entreißen. Es verbleibt also der Türkei selbst von seinem Kernlande Kleasien nur das Innere, der Nordwesten und der Norden, aus welchem letzterem an der Küste des Schwarzen Meeres auch noch das Kohlenbecken von Heraklea als italienische Zone herausgeschnitten wird. Den türkischen Rest Kleasiens hat der Vortragende in den letzten drei Kriegsjahren zwecks Untersuchung der nutzbaren Lagerstätten eingehend bereist. Kleasien ist ein 900—1100 m hoch gelegenes Plateau, das im Süden vom Taurus, im Norden vom Pontischen Küstengebirge begrenzt wird. In sich ist es durch zahlreiche Gebirgsketten, die dem Hochlande aufgesetzt erscheinen, in einzelne Abteilungen gegliedert, die von Senken eingenommen werden, deren Aufschüttungsböden vielfach abflußlos sind. Doch werden die zentralen Gebiete durch rückwärts schreitende Erosion allmählich in periphere Landschaften umgewandelt, die nach dem Meere entwässern, und aus denen der, nicht durch eigentliche Verwitterung, sondern durch mechanischen Gesteinszerfall entstandene Schutt auf solche Weise

langsam ausgeräumt wird. Ein schroffer klimatischer und damit auch wirtschaftlicher Gegensatz herrscht zwischen dem Pontischen Küstengebirge, an dem der im Sommer erstaunlich regelmäßige Nordwind seine Feuchtigkeit absetzt, und dem trockenen, 4 Monate lang regenlosen Innern, wo weite Flächen weniger als 200 mm Niederschlag im Jahre haben, der noch dazu auf Herbst oder Winter beschränkt ist. Die heißen Sommertage mit Abendtemperaturen über 30° werden von kalten Nächten abgelöst, so daß oft in 7 Nachtstunden ein Temperaturfall von 20° eintritt. In den kalten Wintern sinkt die Temperatur bis — 25°. Die öden Steppen des Innern sind im Frühjahr oft sumpfig; im Sommer zeigen sie Ausblühungen von Salz, das stellenweise in solcher Menge vorkommt, daß es durch Zusammenpflügen gewonnen wird. Der salzige Tonboden zeigt Trockenrisse von 20 cm Weite. Der Wald ist vernichtet und keine Möglichkeit einer Wiederaufforstung vorhanden. Im Landschaftsbilde überwiegen die horizontalen Linien, weil tafelförmige, tertiäre Schichten als Beckenausfüllungen, häufig in mehreren Stufen terrassiert, den älteren Kreidegebirgen angelagert sind. Schlauke italienische Pappeln bezeichnen die Quellen, und grüne Obstgärten sowie Rebenpflanzungen gedeihen da, wo künstliche Bewässerung möglich ist. Der Erhaltung der Brunnen wird Sorgfalt zugewandt, während dem Türken sonst der Sinn für die Erhaltung fehlt, so daß die Straßen sich in trostlosem Zustand befinden und hölzerne Brücken oft als Feuerungsmaterial Verwendung gefunden haben. Windmühlen gibt es trotz des gleichmäßigen und beständigen Windes nicht.

Im Zentrum des östlichen Kleasiens erhebt sich südlich von Kaisarie der mit ewigem Schnee bedeckte Doppelgipfel des 3900 m hohen Vulkanriesen Erdjias Dag.

Das feuchtere Küstengebirge des Nordens hat üppige Laub- und Nadelwälder. Kastanie, Platane, Lorbeer- und Feigenbaum gedeihen an der ganzen Schwarzen-Meer-Küste. Bei Trapezunt reift die Orange, während Pinie, Zypresse und Ölbaum mehr Charakterbäume der Westküste sind. Zu den sonstigen Kulturpflanzen tritt in den niederschlagsreichen Gebieten des Nordens noch der Mais und Tabak hinzu. Baumwolle dagegen spielt nur in Cilicien, südlich des Taurus, eine Rolle.

Die Bewirtschaftung steckt noch im Urzustand. Noch heute wird der Boden mit dem, schon vor der Türkenzeit im Lande heimischen Hakenpflug oberflächlich geritzt, das Getreide mit dem Dreschschlitten, einer unten mit Feuersteinsplittern besetzten, von Büffeln oder Ochsen gezogenen hölzernen Tafel zerschnitten und entkörnt, schließlich die Spreu durch Worfeln im Winde entfernt, wie schon die Bibel es schildert. Dem Transport dienen zweirädrige Karren mit vollen Scheibenrädern, die auf der Achse festgemacht sind, so daß diese sich ebenfalls mit laut quietschendem Geräusch dreht. In einzelnen Teilen des Pontischen Küstengebirges, wo Wege gänzlich fehlen, kennt man selbst diesen Karren nicht, sondern befördert die Ernte auf Schlitten, die über den Felsen geschleift werden. Als Pfahlbauten aufgeführte Speicher halten die Feuchtigkeit von den Vorräten fern. In den, trotz so primitiver Wirtschaftsform und Mangel jeder Düngung staunenswert großen Erträgen der Felder an Weizen und Gerste drückt sich der natürliche Reichtum des noch unverbrauchten Bodens an mineralischen Pflanzen-Nährstoffen aus. Noch ist kulturfähiges Land genug vorhanden, um eine viel zahlreichere Bevölkerung zu ernähren. Diesen Boden, den natürlichen Reichtum des Landes, mit Hilfe einer weißen Bevölkerung nutz-

1) Diesem Gedanken ist von F. Sommerfeld selbst schon Rechnung getragen durch den Hinweis auf ein noch unbekanntes Auswahlprinzip. Ann. d. Phys. 63, 1920, S. 253.

bar zu machen, muß die wichtigste Aufgabe der türkischen Regierung sein.

Der Vortrag wurde durch zahlreiche Lichtbilder erläutert, die noch manche andere Einzelheiten veranschaulichten, z. B. den wichtigsten Kulturschädling des Landes, die Heuschrecke, deren Eier von den Kindern gesammelt und gegen Belohnung abgeliefert werden — den Büffel, das eigentliche Zugtier des Landes, der aber nur dort leben kann, wo genügend Wasser zu einem täglichen Bade vorhanden ist, so daß ihn in den trockenen Teilen das Kamel ablösen muß — die bergmännische Gewinnung von Steinsalz, Braunkohle, Kupfer und Silber — die Landschaften des Bosphorus, eines ertrunkenen Flußtales, das in seiner Entstehung, wie in der Strömungsgeschwindigkeit seines Wassers dem Rheine vergleichbar ist — den Kizil Irmak, den größten Fluß Kleinasien, dessen Tiefe im Unterlauf jedoch nur etwa 1 m beträgt — und schließlich die Bagdadbahn, die den Taurus in der steilwandigen Tschakitalschlucht durchquert, an der eine wunderbare Faltung der von horizontalen tertiären Gesteinen überlagerten Kreideschichten sichtbar ist. O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Neuere Aufnahmen des Starkeffektes. Der 1914 von Stark entdeckte und nach ihm benannte Effekt besteht in einer Aufspaltung der Spektrallinien unter dem Einflusse eines elektrischen Feldes. An Stelle einer einfachen Spektrallinie beobachtet man also im Spektroskop mehrere gegen diese nach den kürzeren oder längeren Wellen verschobene Linien, sobald man die leuchtenden Teilchen in ein elektrisches Feld bringt. Die verschobenen Linien, die Komponenten der ursprünglichen, sind teils parallel, teils senkrecht zur Richtung des elektrischen Feldes polarisiert.

Die experimentelle Durcharbeitung des Effektes hat bisher fast ausschließlich in den Händen des Entdeckers und seiner Mitarbeiter gelegen. Von den beiden zur Beobachtung des Effektes verwendbaren Methoden diente die erste und wichtigste, von Stark stammende Kanalstrahlmethode vor allem zur genauen Messung der Aufspaltung der Linien in ihrer Abhängigkeit von der Feldstärke. Es ergab sich dabei für die Wasserstofflinien eine genaue Proportionalität zwischen der in Wellenzahlen gemessenen Verschiebung der einzelnen Komponenten und der wirksamen elektrischen Feldstärke. Nachdem dies einmal einwandfrei festgestellt war, konnte man nun umgekehrt die in einem unbekannten elektrischen Felde beobachtete Aufspaltung der Wasserstofflinien zur Messung dieses elektrischen Feldes benutzen. Dieser Fortschritt ermöglichte es dann, auch die zweite zur Beobachtung des Effektes geeignete Methode, die zuerst von dem italienischen Physiker Lo Surdo angewendet worden ist, zur genauen Messung der Aufspaltungen heranzuziehen, wobei die zunächst in ihrer Stärke unbekannten elektrischen Felder aus der Aufspaltung der Wasserstofflinien bestimmt wurden. Die Methode von Lo Surdo besteht darin, daß man in einem Geißlerrohr durch geeignete Wahl der Rohrweite (enges Rohr), des Kathodenmaterials (Aluminium, neuerdings Tantal) und des Gasdruckes solche Entladungsbedingungen herstellt, daß dicht vor der Kathode, in der ersten Kathodenschicht und im sogenannten Kathodendunkelraum, ein außerordentlich hohes Spannungsgefälle liegt. Man kommt so allerdings nicht bei allen Gasen — zu

Spannungsgefällen bis zu 170 000 Volt/cm. Dabei ist die Feldstärke, d. h. das Spannungsgefälle pro cm, längs des Dunkelraumes nicht konstant, sondern sie nimmt mit Annäherung an die Kathode außerordentlich stark zu, um dicht vor der Kathode ihren Höchstwert zu erreichen. Längs des Kathodendunkelraumes befinden sich also die leuchtenden Atome — auch im Dunkelraume beobachtet man nämlich ein, wenn auch nur schwaches Leuchten — in einem auf die Kathode zu stark wachsenden Felde; die dadurch bewirkte Aufspaltung der Linien muß also auch um so größer sein, je näher das leuchtende Atom sich an der Kathode befindet. Projiziert man nun den Dunkelraum seiner Längsausdehnung nach auf den Spalt eines stigmatisch abbildenden Spektrographen, so erhält man Spektrallinien, die eine von oben nach unten stetig wachsende Aufspaltung zeigen entsprechend der Zunahme der Feldstärke.

Diese von Lo Surdo stammende Methode ist auch von Stark und seinen Mitarbeitern zur Untersuchung des Effektes herangezogen worden, da viele Spektren bei der Kanalstrahlmethode zu lichtschwach sind, um genau photographiert werden zu können. Aber auch

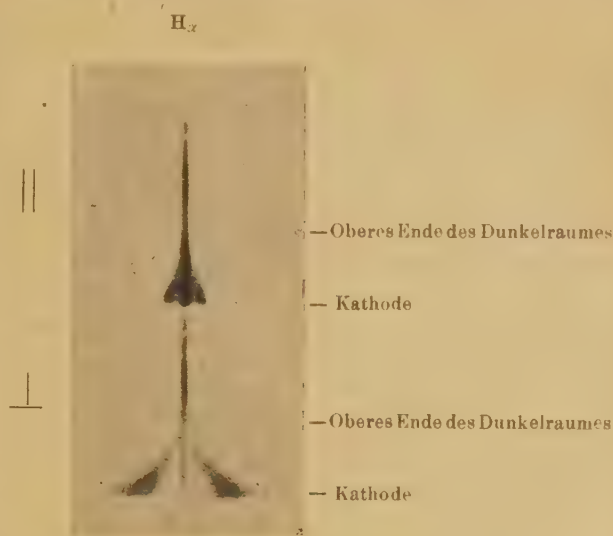


Fig. 1. Maximale Feldstärke 94 000 Volt/cm.

von ausländischen Physikern liegen neuerdings Beobachtungen über den Starkeffekt nach der Methode von Lo Surdo vor. Besonders schöne Aufnahmen finden sich in Arbeiten der Japaner Takamine und Kokubu. Da dieselben in den Veröffentlichungen der Universität Kyoto erschienen sind und deshalb vielen unzugänglich sein werden, so folge ich der Anregung des Herausgebers dieser Zeitschrift, einige Bilder aus diesen Arbeiten weiteren Kreisen bekanntzugeben.

Fig. 1 zeigt die Aufspaltung der Linie H_{α} , der ersten Linie der bekannten Balmerischen Serie des Wasserstoffs. Das obere Bild zeigt die beiden parallel zum elektrischen Felde, das untere die senkrecht dazu polarisierten Komponenten. Man sieht im oberen Teil beider Bilder zunächst die unzerlegte Linie, die sich mit Annäherung an die Kathode immer mehr aufspaltet.

Das zweite Bild zeigt die 3. Linie derselben Wasserstoffserie, die Linie H_{γ} . Man sieht hier besonders schön, wie stark bei den hier angewandten Feldstärken von maximal 130 000 Volt/cm die Aufspaltung

würden kann. Sie erstreckt sich hier nach *jeder* Seite über einen Bereich von etwa 30 Å. E. Wie verschieden die Beeinflussung der Spektrallinien durch das elektrische Feld ist, erkennt man daraus, daß die auf der Figur stark sichtbare Hg-Linie $\lambda = 4359$ Å. E. ebenso wie die zahlreichen schwachen Linien des Grundes auch nicht die geringste Aufspaltung zeigen.

Komplizierter werden die Effekte bei den Elementen mit höheren Atomgewichten. Soweit das bisher vorliegende Material einen Überblick gestattet, ist die Beeinflussung der Linien sehr verschieden. Viele werden, wie schon oben gezeigt wurde, fast gar nicht

Aufspaltung, im parallel polarisierten Lichte erscheint eine stark verschobene Komponente auf der Seite der längeren Wellen (links), auf der anderen Seite eine Komponente, deren Aufspaltung zunächst wächst, um dann trotz starker Zunahme des Feldes gleich zu bleiben, wenn nicht gar wieder etwas abzunehmen. Außerdem erscheint sowohl im parallel wie im senkrecht polarisierten Lichte bei ganz starken Feldern auf der Seite der kurzen Wellen (in der Figur rechts an der mit einem kleinen Kreuz bezeichneten Stelle) eine stark verschobene Komponente, so daß man schwanken kann, ob es sich um eine Komponente oder

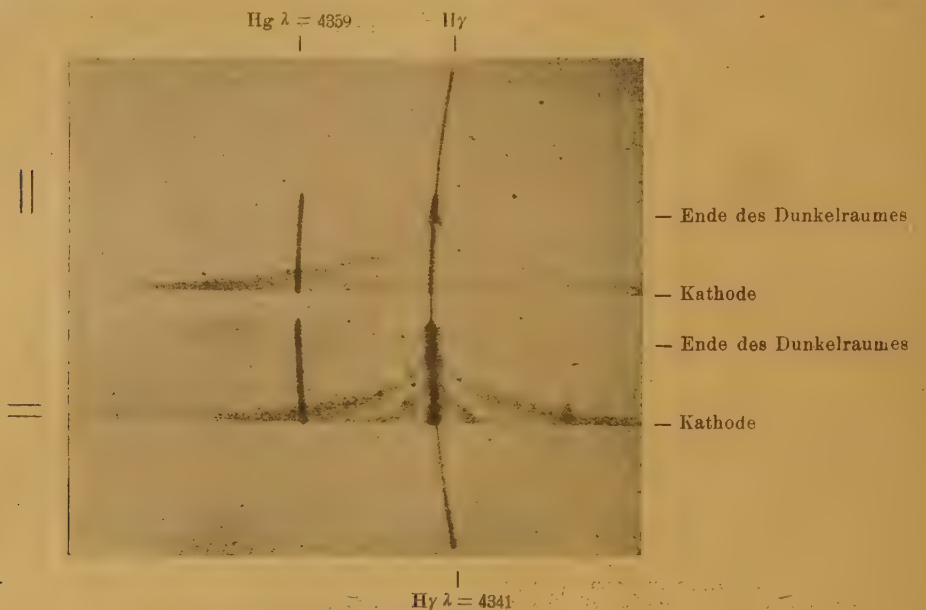


Fig. 2. Maximale Feldstärke 130 000 Volt/cm.

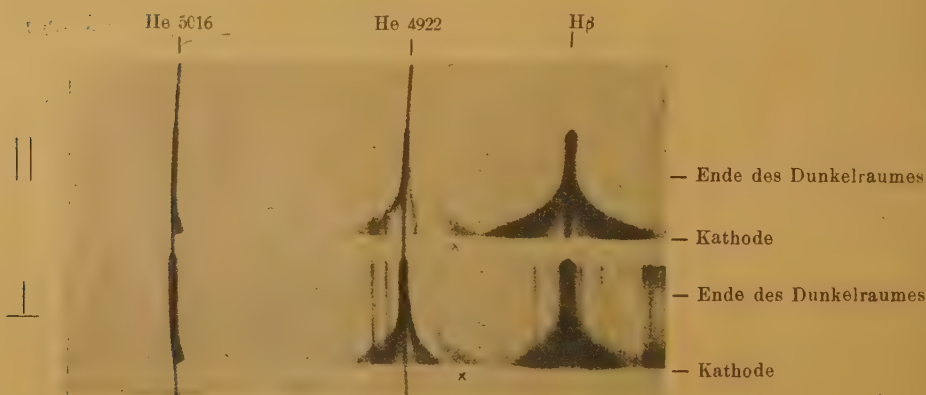


Fig. 3. Maximale Feldstärke 110 000 Volt/cm.

beeinflusst, andere werden einseitig nach kürzeren oder längeren Wellen verschoben, wieder andere erfahren Aufspaltungen, aber unsymmetrisch mit verschiedenen Komponenten auf der Seite der langen und kurzen Wellen. Schließlich ist noch der auch von Stark entdeckte Effekt: das Neuauftreten von Linien im elektrischen Felde zu erwähnen. Ein Beispiel von den möglichen Komplikationen gibt Fig. 3, auf deren rechter Seite sich zunächst die symmetrisch aufgespaltene Wasserstofflinie $H\beta$ befindet. In der Mitte ist die Heliumlinie $\lambda = 4922$ Å. E. mit unsymmetrischer

eine ganz neu erscheinende selbständige Linie handelt. Im linken Teil der Figur sieht man die Heliumlinie $\lambda = 5016$, die bei ganz starken Feldern eine geringe Verschiebung nach den kurzen Wellenlängen zeigt.

Diese Beispiele mögen dazu dienen, eine Vorstellung zu geben von der Mannigfaltigkeit der zu beobachtenden Effekte. Welche geistige Arbeit noch geleistet werden muß, um alle diese Einzelheiten atomtheoretisch zu deuten, mag der Vorstellung des Lesers überlassen bleiben. Dabei gehört der Starkeffekt der Wasserstofflinien zu den Erscheinungen, die von der

Bohrschen Atomtheorie bereits eine erstaunlich weitgehende Erklärung erfahren haben. Bei den Effekten der Elemente mit höherem Atomgewicht ist die Aussicht auf ein baldiges Gelingen der Deutung noch gering, da es noch nicht einmal gelungen ist, die Lage der unaufgespaltenen Linien aus dem Atommodell genau zu berechnen. Sicher ist aber, daß der Stark-effekt einer der schärfsten Prüfsteine für die Richtigkeit eines Atommodells darstellt. Es ist zu wünschen, daß das experimentelle Beobachtungsmaterial möglichst vervollständigt wird, da man dann die Gesetzmäßigkeiten des Starkeffektes im Zusammenhang mit den schon bekannten Gesetzmäßigkeiten in den Spektren besser wird übersehen können. W. Grotrian.

Die Ionisation des Joddampfes. Nach den Vorstellungen der Bohrschen Theorie besteht Lichtabsorption und Emission bei einem Atom oder einem Molekül in einem Übergang des Gebildes aus einem Quantenzustand in einen andern. Über die Art dieses Vorganges wissen wir vorläufig noch nichts. Eine wesentliche Voraussetzung der Theorie ist jedoch, daß der Übergang äußerst schnell erfolgt (in einer Zeitspanne, die klein ist gegen 10^{-8} Sec.). Diese Voraussetzung bietet bei Betrachtung eines Atoms keine Schwierigkeit, denn die ganze Änderung des Quantenzustandes besteht in einem Springen von einem oder mehreren Elektronen von einer Quantenbahn auf die andere, was auch nach den gewöhnlichen Vorstellungen äußerst kurze Zeit erfordern würde. Bei Behandlung der Spektren der Moleküle jedoch muß man, wie aus der Theorie der Bandenemission folgt, außer den Elektronensprüngen auch noch Änderungen der Schwingung und Rotationsquanten der Atome des Moleküls annehmen. Die Annahme, daß ein solcher Vorgang, bei dem es sich um sprunghafte Bewegung und Veränderungen schwerer Atome handelt, in einer unmeßbar kleinen Zeit verlaufen soll, ist wesentlich weniger glaubhaft. Hinzu kommt, daß man solche Quantenübergänge nicht nur durch Lichtenergie, sondern auch durch die kinetische Energie eines mit dem Molekül zusammenstoßenden Elektrons auslösen kann, und da taucht dann die Frage auf, wie man sich den Prozeß denken kann, ohne mit der Grundlage der Mechanik, dem Impulssatz in Konflikt zu kommen.

Handgreiflich wird die Schwierigkeit, wenn wir durch Elektronenstoß verursachte Quantenübergänge ins Auge fassen, bei denen das Molekül zerfällt. Einen solchen Fall haben wir offenbar vor uns beim Zusammenstoß von 17-Volt-Elektronen mit H_2 -Molekülen. Hierbei soll nach Franck, Knipping und Krüger das H_2 -Molekül in ein H-Atom, ein positives H-Ion und ein Elektron gespalten werden, also die Dissoziationsarbeit des Moleküls und die Ionisierungsarbeit eines Atoms in einem Zuge durch den Elektronenstoß geleistet werden. Trotz der guten Übereinstimmung der auf dieser Grundlage sich berechnenden Dissoziationswärme des H_2 -Moleküls mit den thermischen Messungen von Langmuir konnte man wegen der oben erwähnten Schwierigkeit zweifelhaft sein, ob die Deutung, welche die Verfasser ihren Resultaten beilegen, zu Recht bestand. Daher erscheint es wichtig, daß neuerdings Messungen über die Ionisation des Joddampfes von H. D. Smyth und K. T. Compton (Physical Review 501—513, Dez. 1920) ausgeführt worden sind, die es unzweifelhaft erscheinen lassen, daß die Ionisation von J_2 -Molekülen genau nach dem gleichen beim Wasserstoff angenommenen Schema vor sich geht. Diese Autoren erhielten Ionisation von J_2 -Molekülen bei Zusammenstößen mit Elektronen, die 9,4 Volt

durchlaufen haben. Steigerten sie in ihrem Untersuchungsgefäß die Temperatur so hoch, daß ein großer Teil der J_2 -Moleküle in Jodatome zerfallen war, so trat eine mit dem Prozentgehalt an freien Jodatomen größer werdende Ionisierungsstufe bei 8 Volt hinzu. Die Differenz der beiden Energiebeträge, die gleich der kinetischen Energie eines 1,4-Volt-Elektrons ist, stimmt innerhalb kleiner Beobachtungsfehler mit der thermisch bestimmten Dissoziationswärme des J_2 -Moleküls überein. Wenn selbst die Absolutbeträge der Ionisierungsmessungen nicht genau sein sollten, so verdient nach dem ganzen ausführlich publizierten Material doch die Differenz der Beträge ein großes Zutrauen. (Erwähnt werden muß ferner, daß die Autoren auch die Ionisierung von fluoreszierendem Joddampf untersucht haben und dann einen deutlichen Effekt 2,6 Volt früher als bei normalen Molekülen erhalten haben. Der Referent ist bisher geneigt, dieses Resultat einer bestimmten sekundären Beeinflussung der Anordnung zuzuschreiben und möchte daher die Deutung der Verfasser hier nicht weiter ausführen, sondern sich an das wichtigere, zuerst beschriebene Resultat halten.) Hiernach wird man wohl kaum zweifeln dürfen, daß homöopolare einwertige Moleküle durch Stöße langsamer Elektronen so zerspalten werden können, daß Atom, Ion und Elektron im unendlichen Abstand voneinander in Ruhe relativ zueinander sich befinden.

Man muß nun die Frage beantworten, wie dieser Prozeß vor sich gehen kann, ohne daß die oben geschilderte Schwierigkeit auftritt. Das ist aber durchaus möglich, wenn man folgende Annahme macht. Die Arbeit, vom Molekül überzugehen zum einfach geladenen Molekül, sei größer als die Summe der Dissoziationsarbeit D des Moleküls und die Ionisationsarbeit J des Atoms. Dann muß es wegen der ungeheuer vielen benachbarten Quantenzustände des Moleküls möglich sein, durch Elektronenstoß dem Molekül eine Energie zuzuführen, die gerade gleich oder auch etwas größer ist als $D + J$. Die aufgenommene Energie kann dann (ganz analog zum Einsteinschen photochemischen Grundgesetz) umgesetzt werden in Dissoziation und Ionisation eines Atoms, wobei der Umsatz jetzt relativ langsam vor sich gehen kann, so daß keine Verletzung des Impulssatzes vorliegt. Vielleicht erfolgt er sogar, wie es Stern und Volmer für photochemische Prozesse wahrscheinlich gemacht haben, erst sekundär, wenn das angeregte Molekül durch einen Zusammenstoß gestört wird. Vorausgesetzt wird — wie erwähnt —, daß die eigentliche Ionisierungsarbeit des Moleküls höher liegt als die beobachtete Ionisierungsstufe. — Das steht im Widerspruch mit der beim Wasserstoff beobachteten sehr schwachen Ionisierungsstufe bei 11 Volt, die Franck, Knipping und Krüger der Bildung von H_2^+ versuchsweise zuschrieben. Versuche mit anderen Gasen lassen es dem Referenten als wahrscheinlich erscheinen, daß diese Ionisierung durch den gleichen Sekundärprozeß vorgetäuscht ist, der Smyths und Comptons Wert für fluoreszierenden Joddampf verdächtig erscheinen läßt. Dieser Punkt muß noch durch weitere Untersuchung geklärt werden. Eine Bestätigung der Auffassung ergeben jedoch Versuche mit Wasserstoffkanalstrahlen. Im Kanalstrahlenrohr erfolgt die Ionisation durch Elektronen, die so große kinetische Energie besitzen, daß dem getroffenen Molekül ein Elektron sofort völlig entrissen wird. Dabei muß sich nach unseren Vorstellungen H_2^+ bilden, was — wie Dempster (Phil. Mag. 1916) bewiesen hat — tatsächlich als Primärprozeß erfolgt.

J. Franck.

Ist Histamin ein normaler Bestandteil der Hypophyse?

(Milton T. Hanke und Karl K. Koeßler, J. biol. Chem. 43, 557.) Als gesicherte Tatsache darf gelten, daß die Extraktivstoffe der Hinterlappen der Hypophyse, denen pharmakologisch scharf bestimmte Wirkungen zukommen, chemisch das allgemeine Verhalten von Aminen haben und offenbar stets zusammen mit einem Imidazolderivat vorkommen. Barger hatte daher, nachdem das Histamin bekanntgeworden war, die Hypothese aufgestellt, daß das aktive Prinzip des Hirnanhangs ein polypeptidähnliches Derivat vom Histidin sein könnte. Decarboxylierte Peptide „Peptamine“ hat Guggenheim synthetisch bereitet, aber nur von geringer pharmakologischer Wirksamkeit gefunden. Die Frage schien endgültig gelöst, als es Abel und Kubota 1919 (J. Pharmac. and Exp. Therap. 13, 243) gelang, aus 1 kg trockener Drüse 18 mgr einwandfreies Histaminpräparat darzustellen. Doch bestehen erhebliche Unterschiede zwischen dem pharmakologischen und chemischen Verhalten der Drüsenextrakte und Histamin. Während erstere sehr empfindlich gegen Alkali sind und das Trocknen nicht vertragen, kann Histamin mit konzentrierter Natronlauge stundenlang bei Wasserbadtemperatur gehalten und ohne Verlust seiner Wirksamkeit bei 100° getrocknet werden. Auf weitere Unterschiede im pharmakologischen Verhalten beider Präparate wird durch die Arbeiten von Guggenheim (Biochem. Z. 65, 189, 1914), Jackson und Mills (J. Lab. and Clin. Med. 5. 1. 1919), Rountree sowie von Sollmann und Pilcher (J. Pharmacol. and Exp. Therap. 9, 309, 1916/17) hingewiesen. Verff. zeigen, daß *vollkommen frische Drüse*, im Schlachthof durch Einlegen in siedenden Alkohol 25 Minuten nach der Schlachtung konserviert, *keine Spur Histamin enthält*. 346-g frische Drüse geben im Alkoholauszug eine Färbung äquivalent 1 mgr Histamin 2 HCl, die Substanz war aber im Gegensatz dazu nicht durch Ag-Baryt fällbar. Wurde das alkoholische Extrakt zuerst hydrolysiert auf der Suche nach Peptaminen, so wurde zwar eine auch durch Ag fällbare Substanz färbereich äquivalent 2,5 mgr Histamin 2 HCl gefunden, am Meerschweinchenuterus war sie aber vollkommen ohne Wirkung und also kein Histamin. Auch in dem mit Alkohol koagulierten Drüsenteil war keine auf den Uterus wirksame Substanz vorhanden, trotzdem sie färbereich 0,57 mgr Histamin 2 HCl entsprach. In der Leber und im Kot eines Hundes konnte Histamin leicht nachgewiesen werden.

K. Thomas.

Die Bewegungen der Geißeln und Wimpern niederer Organismen verlaufen so rasch, daß die einzelnen Etappen nicht mehr mit dem Auge verfolgt werden können. Um diesem Übelstand abzuweichen, hat man vielfach die Organismen in stark visköse Flüssigkeiten übertragen, durch die eine Verlangsamung des Wimper- und Geißelschlags erzielt wird. Das hat aber den Nachteil, daß hierdurch abnorme Verhältnisse geschaffen werden, die das Reaktionsbild trüben können. Metzner (P. Metzner, Über Verwendung intermittierender Beleuchtung zum Studium rasch verlaufender rhythmischer Vorgänge, Zeitschr. f. Mikr. 36, 1919) beschreibt nun eine stroboskopische Methode, die auch in der Physik angewendet wurde, z. B. bei der Beobachtung elastisch schwingender Stäbe und schwingender Saiten, und die es gestattet, den Ablauf der Bewegung auch unter normalen Umständen sichtbar zu machen. Zu dem Zweck wird mit intermittierendem Licht gearbeitet, das man z. B. dadurch erhält, daß

man zwischen Lichtquelle und Mikroskopspiegel eine rotierende Scheibe mit Schlitzten einschaltet. Von der Geschwindigkeit der Rotation und der Breite der Schlitzte ist die Dauer und Zahl der Lichtblitze abhängig. Stimmt die Periode der Lichtblitze mit der Schwingungsperiode der Geißeln oder Wimpern überein, dann scheint das Organ zu ruhen, und man kann seine Gestalt nun deutlich umrissen wahrnehmen. Folgen sich die Lichtblitze etwas langsamer als die Schwingungsperiode beträgt, dann hat die Geißel schon etwas mehr als eine volle Schwingung durchlaufen, infolgedessen erscheint das Bild einer normal fortschreitenden Geißelbewegung, die aber mit viel langsamerer Periode verläuft als in Wirklichkeit; man kann also den ganzen Vorgang bequem verfolgen. Kennt man die Periode der Lichtblitze, dann ist es möglich, durch Bestimmung des „Ruhestadiums“ die Schwingungsperiode zu bestimmen. Auf Grund dieser stroboskopischen Methode lassen sich eine ganze Reihe wichtiger Fragen beantworten: ob die verschiedenen Geißeln oder Wimpern eines Organismus mit gleichem Rhythmus schwingen, ob dieser Rhythmus durch äußere Umstände verändert werden kann, wie groß die Reaktionsgeschwindigkeit ist u. v. a. Das ist aber ein ganzes Arbeitsprogramm, für das bislang bloß einzelne Bausteine vorliegen.

P. Stark.

Hypophyse und Raynaudsche Krankheit. (B. O. Pribram, Münch. med. Wochenschr. Bd. 67, H. 45, 1920.) Die Bedeutung der Hypophyse oder des Hirnanhangs als Drüse innerer Sekretion ist schon seit längerer Zeit bekannt. Ihre Wirkung wird besonders durch die Injektion von Organextrakten ersichtlich. Hiernach beobachtet man Veränderungen im Kreislaufsystem in Gestalt von Gefäßverengung und Blutdrucksteigerung, weswegen solche Präparate auch in der Frauenheilkunde verwendet werden. Außerdem wird der Stoffwechsel beeinflusst. Vor allem zwei Krankheiten hat man mit Veränderungen innerhalb der Hypophyse in Zusammenhang gebracht: die Akromegalie, die sich in einer Vergrößerung der Körperenden äußert, und die Dystrophia adiposogenitalis, welche eine Stoffwechselstörung darstellt. Nun berichtet Pribram über einen Fall, in dem augenscheinlich auch ein Zusammenhang zwischen einer Hypophysenerkrankung mit einer anderen Erkrankung besteht, der Raynaudschen Krankheit, deren Ursachen bisher noch ziemlich ungeklärt sind. Diese Erkrankung besteht in einem Kältegefühl in den Fingern und Zehen, Ohnmachtsanfällen und Atembeschwerden und symmetrisch an den Gliedmaßen auftretenden Geschwüren, weswegen die Krankheit auch als symmetrisches Gangrän bezeichnet wird. Das Röntgenbild zeigte eine auffällige Verbreiterung und Vertiefung des Türken-sattels, was auf eine Geschwulst der Hypophyse hindeutet. Nach Einspritzung von Hypophysin trat ein überraschender Erfolg ein, während bisher jede andere Therapie erfolglos geblieben war. Die Krankheitssymptome verschwanden mehr oder weniger vollständig. Da die Raynaudsche Krankheit im wesentlichen auf Störungen des Gefäßsystems beruht, glaubt P. folgern zu können, „daß physiologischerweise dem Hypophysenextrakt eine den Gefäßtonus und das Kapillarspiel regulierende Einfluß zukommt“. Dadurch würden auch manche andere Vorgänge im Körper erklärt. Außer der Erkrankung der Drüse innerer Sekretion können aber auch andere Faktoren für die Erkrankung von ursächlicher Bedeutung sein.

A. Pratzke.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 13. (Seite 209—224)

1. April 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Über das Uhrenparadoxon in der Relativitätstheorie. (Mit 4 Abb.) Von *Hans Thirring*, Wien. S. 209.

Die Geselligkeit der Vögel im Verhältnis zu ihrem Triebleben. Von *Fritz Braun*, Dt.-Eylau. S. 213.

Besprechungen:

Handbuch der Radiologie. Herausgegeben von *Dr. Erich Marx*. Bd. 1. Von *Walther Gerlach*, Frankfurt a. M. S. 217.

Beutner, R., Die Entstehung elektrischer Ströme in lebenden Geweben. Von *L. Michaelis*, Berlin. S. 218.

Zuschriften an die Herausgeber:

Zur Abwehr. Von *Albert Einstein*, Berlin. S. 219. Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Theorie der Kontinentverschiebungen. S. 219.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.

Die Klimate der Vorzeit. S. 220.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 221-224.

Geographisches aus Amerika. Die sächsischen

Erdbeben während der Jahre 1907 bis 1915. Neue

Polarlichtforschungen in Norwegen. Asthma,

Heuschnupfen und verwandte Erscheinungen.

Astronomische Mitteilungen. S. 224.

Die Sterngruppe in der Nachbarschaft der Sonne.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben gelangte zur Ausgabe der

Gaskampfband

der

„Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin“

Herausgegeben von *E. Abderhalden* - Halle, *E. Enderlen* - Heidelberg, *O. Lubarsch* - Berlin, *C. v. Noorden* - Frankfurt a. M., *E. Payr* - Leipzig, *C. Pirquet* - Wien, *F. Sauerbruch* - München, *A. Schittenhelm* - Kiel, *W. Straub* - Freiburg, *W. Trendelenburg* - Tübingen, *P. Uhlenhuth* - Berlin

Dreizehnter Band

Erstes bis sechstes Heft

Mit 153 Textabbildungen und 4 Tafeln

Preis M. 268.—

Inhaltsverzeichnis:

Flury, Ferdinand. Über Kampfgasvergiftungen. I. Über Reizgase. (Mit 2 Textabbildungen.) — **Rona P.** Über Kampfgasvergiftungen. II. Über Zersetzung der Kampfstoffe durch Wasser. (Mit 4 Textabbildungen.) — **Laqueur, E., und R. Magnus.** Über Kampfgasvergiftungen. III. Experimentelle Pathologie der Phosgenvergiftung. (Mit 33 Textabbildungen und 4 Tafeln.) — **Heitzmann, Otto.** Über Kampfgasvergiftungen. IV. Ergänzende Befunde zur pathologischen Anatomie der Phosgenvergiftung. (Mit 11 Textabbildungen.) — **Laqueur, E., und R. Magnus.** Über Kampfgasvergiftungen. V. Experimentelle u. theoretische Grundlagen zur Therapie der Phosgenerkrankung.

(Mit 20 Textabbildungen.) — **Gildemeister, M., und W. Heubner.** Über Kampfgasvergiftungen. VI. Die Chlorpikrinvergiftung. (Mit 24 Textabbildungen.) — **Flury, Ferdinand u. Hermann Wieland.** Über Kampfgasvergiftungen. VII. Die pharmakologische Wirkung des Dichloräthylsulfids. (Mit 57 Textabbildungen.) — **Heitzmann, Otto.** Über Kampfgasvergiftungen. VIII. Die pathologisch-anatomischen Veränderungen nach Vergiftung mit Dichloräthylsulfid unter Berücksichtigung der Tierversuche. (Mit 2 Textabbildungen.) — **Flury, Ferdinand.** Über Kampfgasvergiftungen. IX. Lokal reizende Arsenverbindungen. — **Autorenverzeichnis.**

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
20 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Sauerstoff- Desinfektion

der Mundhöhle zum Schutze gegen Ansteckungen (Grippe, Halsentzündung, Diphtherie, Scharlach usw.), sowie zur Erhaltung gesunder Zähne ist wirksam, bequem und ohne Nachteile ausführbar mittels

Perhydrit- Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen des Mundes und zum Gurgeln. Auch zur Wundreinigung geeignet. Packungen mit 10, 25 und 50 Stück in den Apotheken und Drogerien

(223 II.)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes

Kurze Anleitung für Ingenieure,
insbesondere Betriebsbeamte

von

Dr.-Ing. E. Preuss †

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

herausgegeben von

Prof. Dr. G. Berndt

Privatdozent an der Technischen Hochschule zu
Charlottenburg

und

A. Cochius, Ingenieur

Leiter der Materialprüfungsabteilung der Fritz Werner
A.-G., Berlin-Marienfelde

Mit 153 Figuren im Text und auf 1 Tafel

Preis M. 14.—; gebunden M. 18.40

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

1. April 1921.

Heft 13.

Über das Uhrenparadoxon in der Relativitätstheorie.

Von Hans Thirring, Wien.

In seinem Dialog über Einwände gegen die Relativitätstheorie¹⁾ hat *Einstein* jenes Uhrenparadoxon behandelt, das seinen Gegnern Anlaß zu der Behauptung gegeben hat, die Theorie enthalte innere Widersprüche. Die von *Einstein* dort gebrachten Gegenargumente sind dann abermals angefochten worden²⁾, worauf *Einstein* eine Erwiderung ablehnte. Nun ist es allerdings aussichtslos und auch gar nicht lohnend, einem überzeugten Gegner der Relativitätstheorie klar machen zu wollen, daß diese zumindest logisch einwandfrei ist; andererseits gibt gerade die Behandlung des Uhrenparadoxons durch eine simple schulmäßige Diskussion der Lorentztransformation Gelegenheit, dem der Theorie Fernerstehenden an einem einfachen Beispiel die relativistische Denkweise zu erläutern. Aus diesem Grunde soll die Frage hier nochmals aufgerollt werden.

Es handelt sich um folgenden Fall: Von zwei gleichgestellten, gleichlaufenden Uhren *A* und *B* soll die eine *A* z. B. gegen den Fixsternhimmel ruhend bleiben, während die andere mit gleichförmiger Geschwindigkeit eine lange gerade Strecke durchlaufe, hierauf durch die von irgendeiner Kraft bewirkte Verzögerung zur Umkehr gebracht werde und wiederum zum Ausgangspunkt zurückkehre. Nach der Relativitätstheorie ist sie dann gegenüber der ruhenden Uhr *A* um einen gewissen Zeitbetrag zurückgeblieben, der von der Relativgeschwindigkeit *v* und dem durchlaufenen Wegstück *l* abhängt. Da nun (ebenfalls nach der Relativitätstheorie) im Falle einer gleichförmigen, geradlinigen Bewegung jede der beiden Uhren mit gleichem Recht als ruhend und die andere als bewegt betrachtet werden kann, so könnte man, sagen die Gegner der Theorie, ebenso behaupten, daß *A* gegenüber *B* zurückbleiben muß. Da aber nicht jede Uhr gegenüber der anderen nachgehen kann, so sei schließlich doch die „wirklich“ bewegte Uhr gegenüber der anderen ausgezeichnet, was dem Grundprinzip der Theorie widerspreche. *Einstein* legte nun a. a. O. dar, daß wegen des Beschleunigungs- (Verzögerungs-) Vorganges, der ja zur Umkehr der Uhr *B* unbedingt notwendig ist, das Problem überhaupt nicht in das Gebiet der speziellen Relativitätstheorie hineingehöre und erläuterte den Standpunkt der

allgemeinen Theorie ihm gegenüber. Darauf erwiderte *Gehrcke*: „Erstens ist es unverständlich, was diese Beschleunigungen mit dem Nachgehen zu tun haben sollen, wo doch der Betrag, um den *B* nachgeht, durch die unbeschleunigte gleichförmige Bewegung gegeben ist; man kann immer, z. B. durch genügende Länge des mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegten Weges, einen von dem Ruck im Umkehrpunkt oder Endpunkt der Bewegung herrührenden Anteil des Nachgehens auf beliebige Kleinheit gegenüber dem Anteil aus der gleichförmigen Bewegung herabdrücken . . .“

Nun betrachten wir die Sache einmal genauer, indem wir die Lorentztransformation für die Zeit gerade so diskutieren, wie man das in der Mittelschule an einem Beispiel der analytischen Geometrie macht. Wir denken uns der Vollständigkeit halber und auch um auf ein Beispiel einzugehen, das Herr *Gehrcke* früher gebracht hat³⁾, zwei sehr lange Plattformen *K* und *K'*, die längs ihrer geraden Trennungslinie, in die wir die gemeinsame *X*- und *X'*-Achse eines rechtwinkligen Koordinatensystems legen, mit der Geschwindigkeit *v* aneinander vorbeigleiten. An beiden Plattformen sei knapp an der Trennungsgerechten eine Reihe von Uhren aufgestellt; die im Koordinatenursprung von *K* befindliche sei *A* genannt, die im Koordinatenursprung von *K'* befindliche *B*. Als Ausgangspunkt der Zeitmessung sei in beiden Systemen das Ereignis des Vorüberfahrens von *B* an *A* gewählt; für $t = t' = 0$ koinzidieren also *A* und *B* zeitlich und räumlich. Wenn nun alle Uhren auf der Plattform *K* untereinander und ebenso alle Uhren der Plattform *K'* untereinander gemäß den Vorschriften der speziellen Relativitätstheorie gleichgerichtet sind (bekanntlich geschieht das nach dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit), so stimmen die Zeitrechnungen in *K* und *K'* nicht miteinander überein, sondern stehen vielmehr miteinander in der Beziehung:

$$t' = \beta \left(t - \frac{v \cdot x}{c^2} \right), \quad \beta = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

(Lorentztransformation der Zeit).

Es wird also für $t = 0$ die Uhr *A* den gleichen Stand haben wie die gerade an ihr vorüberfahrende Uhr *B*, hingegen wird ein um das Stück *a* weiter rechts befindlicher Beobachter von *K* konstatieren, daß die gerade bei ihm (jenseits der

¹⁾ A. *Einstein*, diese Zeitschrift 6, 697, 1918.

²⁾ E. *Gehrcke*, diese Zeitschrift 7, 147, 1919.

³⁾ E. *Gehrcke*, diese Zeitschrift 1, 62, 1913.

Trennungslinie) befindliche Uhr von K' die Zeit

$$t' = -\beta \frac{v x}{c^2}$$

zeigt, also gegenüber seiner eigenen, die auf Null steht, nachgeht, ferner wird ein um das Stück a weiter links gelegener Beobachter von K finden, daß die gerade vorüberfahrende K' -Uhr die Zeit

$$t' = +\beta \frac{v x}{c^2}$$

angibt, also gegenüber der eigenen vorgeht. Trägt man sich die Differenz Δt zwischen den Angaben der Uhren von K und der mit ihnen zur Zeit $t=0$ gerade räumlich koinzidierenden Uhren von K' als Funktion von x auf, so erhält man das in der Fig. 1 dargestellte Diagramm. Fig. 2 gibt dann

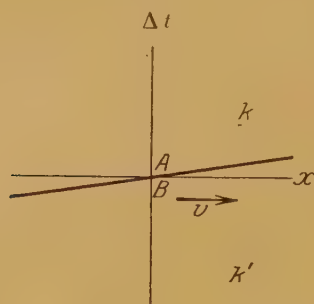


Fig. 1.

Die Ordinaten der Punkte der schrägen Geraden bedeuten die Differenz Δt zwischen den Angaben der Uhren von K und der mit ihnen räumlich gerade koinzidierenden Uhren von K' zur Zeit $t=0$, $t'=0$.

die entsprechenden Verhältnisse zu einer späteren Zeit

$$t = \frac{l}{v}, \quad t' = \beta \left(\frac{l}{v} - \frac{v x}{c^2} \right).$$

Die Uhr B ist unterdessen um das Stück l (gemessen in K) weitergerückt, der Schnittpunkt der schrägen Geraden mit der Achse um $l/2$ ⁴⁾. Die Gerade wandert also mit der Geschwindigkeit $v/2$ nach rechts. In der Mitte zwischen A und B befindet sich ein neutraler Punkt, in welchem die K -Uhr mit der gerade benach-

⁴⁾ Wenn nämlich $\frac{v^2}{c^2}$ so klein ist, daß man seine höheren Potenzen vernachlässigen kann, gilt:

$$t' = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{l}{v} - \frac{v x}{c^2}\right) = \frac{l}{v} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right) \left(1 - \frac{x}{l} \frac{v^2}{c^2}\right) \\ = \frac{l}{v} \left[1 + \frac{v^2}{c^2} \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{l}\right)\right]$$

und $\Delta t = t - t' = \frac{lv}{c^2} \left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2}\right),$

das ist die Gleichung der in Fig. 2 gezeichneten Geraden. Sie schneidet die x -Achse im Punkte $\Delta t = 0$, d. h. $\frac{x}{l} - \frac{1}{2} = 0$ oder $x = \frac{l}{2}$. Die Beschränkung

auf kleine Werte von $\frac{v^2}{c^2}$ wurde der Einfachheit halber gewählt — die Überlegungen gelten aber ganz allgemein.

barten K' -Uhr den gleichen Stand hat. Man erkennt aus der Figur und aus den Formeln sofort folgendes: Beim Punkte A ist $\Delta t < 0$, $t < t'$, also geht die Uhr A gegenüber der gerade vorbeifahrenden K' -Uhr nach, beim Punkte B ist $\Delta t > 0$, $t > t'$, also geht die Uhr B gegenüber der eben vorbeifahrenden K -Uhr ebenfalls nach. Solange man es also mit einer gleichförmigen Translationsbewegung zu tun hat, ist keine Uhr vor der anderen ausgezeichnet⁵⁾. Jede geht in dem hier gekennzeichneten Sinne gegenüber der anderen nach, das ist aber kein Widerspruch, sondern kommt daher, daß die Gleichzeitigkeit räumlich entfernter Ereignisse in K eine andere ist als in K' .

Nun kommen wir zum kritischen Punkt, näm-

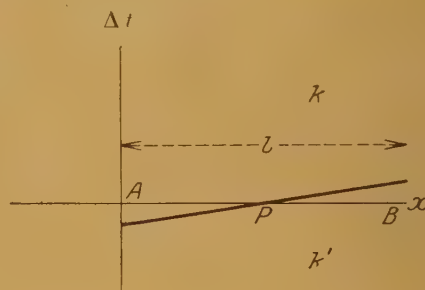


Fig. 2.

zur Zeit $t = \frac{l}{v}$, $t' = \beta \left(\frac{l}{v} - \frac{v x}{c^2} \right).$

lich zur Umkehr. Im Momente $t = l/v$ soll auf alle Punkte der Plattform K' gleichzeitig (von K aus betrachtet) eine Kraft entgegengesetzt der Bewegungsrichtung wirken, so daß innerhalb eines Zeitintervalles τ , das sehr klein gegen l/v sei, die Bewegung zum Stillstand gebracht wird und nach der Zeit 2τ in die entgegengesetzte Bewegung mit der gleichen Geschwindigkeit $-v$ verwandelt wird. Während dieses Zeitintervalles τ ist das System K' noch um ein kleines Stück nach rechts hinausgeschwungen und es befindet sich zur Zeit $t = l/v + 2\tau$ wieder in derselben Lage wie zur Zeit $t = l/v$ (B befindet sich im Punkte $x = l$). Wir akzeptieren hier nun völlig den Gehrckeschen Standpunkt, „daß der von einem Ruck im Umkehrpunkte herrührende Anteil des Nachgehens auf beliebige Kleinheit gegenüber dem Anteil aus der gleichförmigen Bewegung her-

⁵⁾ Dies übersah Herr Gehrcke in seiner ersten diesbezüglichen Abhandlung (Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss. 1912, S. 209), und zwar liegt der Fehler eben darin, daß er, statt von der Lorentztransformation auszugehen, mit der „Zeitformel“ $t' = t \beta^{-1}$ rechnet, die ja nur eine Spezialisierung der Lorentztransformation für $x' = 0$ ist, und die man mit genau dem gleichen Recht auch $t = t' \beta^{-1}$ schreiben kann, wenn man $x = 0$ setzt. Der Fehler wiederholt sich in der oben zitierten Arbeit von 1913.

abgedrückt werden kann⁶. Nach der Umkehr sollen also bis auf unendlich kleine Abweichungen, die wir vernachlässigen, die Zeitdifferenzen zwischen den Uhren in K und den gerade vorüberlaufenden in K' ebenfalls durch das Diagramm in Fig. 2 gegeben sein. Hingegen darf nicht von vornherein vorausgesetzt werden, daß die K' -Uhren untereinander nach Beendigung des Beschleunigungsvorganges noch exakt gleichzeitig gehen. Denn da die Relativgeschwindigkeit von K' in bezug auf K nicht mehr v , sondern $-v$ ist, gilt nun die Transformation:

$$t' - t'_0 = \beta \left(t + \frac{v x}{c^2} \right),$$

wobei t'_0 eine Konstante ist, deren Wert davon abhängt, nach welcher Uhr von K' alle anderen Uhren dieses Systems nach der Umkehr gleichgerichtet werden. Das bedeutet also folgendes: Würde man nach der Umkehr (zur Zeit

$t' = \beta \left(\frac{l}{v} - \frac{lv}{c^2} \right) + 2\tau$) alle K' -Uhren nach der Uhr B richten — B befindet sich jetzt im Punkte $x = l$ —, so wären die Differenzen ihrer Zeit-

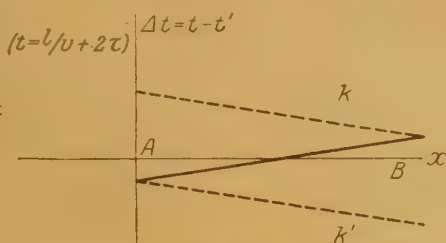


Fig. 3.

angaben gegen die der gerade vorüberlaufenden K -Uhren durch die obere gestrichelte Gerade in Fig. 3 gegeben. Denn man hätte in diesem Falle die in Fig. 1 skizzierte Konstruktion der Geraden unter Berücksichtigung der Vorzeichenänderung der Geschwindigkeit v und des neuen Ausgangspunktes der Konstruktion (K' -Uhr in Punkt B) zu wiederholen. Tatsächlich soll aber, wie wir soeben in Übereinstimmung mit Gehrcke festgestellt haben, der Beschleunigungsvorgang ohne Einfluß sein auf den relativen Stand der eben benachbarten K - und K' -Uhren. Es muß daher nach Beendigung des Beschleunigungsvorganges die Zeitdifferenz Δt gerade so wie vorher durch die *ausgezogene* Gerade gegeben sein. Es bedeuten also: Die Ordinaten der ausgezogenen Geraden die Zeitdifferenzen der nach der Umkehr sich selbst überlassenen K' -Uhren gegenüber den gerade benachbarten K -Uhren und die der gestrichelten Gerade die Zeitdifferenzen zwischen den K' - und K -Uhren, wenn man die ersteren nach der Umkehr gemäß den Vorschriften der speziellen Relativitätstheorie (s. S. 209 Sp. 2) wieder gleichgerichtet hätte. Daß diese beiden Geraden voneinander abweichen, beweist nun, daß die sich selbst überlassenen K' -Uhren nach der Umkehr nicht mehr gleichzeitig gehen; sie werden viel-

mehr durch den Beschleunigungsvorgang in Unordnung gebracht. In welchem Sinne diese Beeinflussung erfolgt, kann man aus der Fig. 3 leicht erkennen. Denn bezeichnet man die Zeitangaben der sich selbst überlassenen K' -Uhren mit t' , die Zeitangaben der nach der Umkehr gleichgerichteten K' -Uhren mit t'_c , so ist die Ordinate eines Punktes der ausgezogenen Geraden $t - t'$, jene eines Punktes der gestrichelten $t - t'_c$. Der Abstand eines Punktes der gestrichelten Geraden über dem korrespondierenden (vertikal darunter liegenden) Punkt der ausgezogenen Geraden ist demnach gleich $t' - t'_c$. Diese Größe ist positiv für Punkte links von B und negativ für Punkte rechts von B . Die K' -Beobachter werden daher konstatieren, daß während des Beschleunigungsvorganges die in der Beschleunigungsrichtung vorne liegenden Uhren rascher gelaufen sind als die rückwärts liegenden. (Dasselbe Resultat erhält man natürlich auch, wenn man irgendein System nicht zur Umkehr bringt, sondern etwa aus dem Ruhezustand beschleunigt. — Diese einfache Überlegung liefert gleichzeitig auch die elementare Erklärung für die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte Rotverschiebung der Spektrallinien an Orten niederen Gravitationspotentials. Denn nach der Äquivalenzhypothese verlaufen alle physikalischen Vorgänge in K' in ganz der gleichen Weise, wenn an Stelle der geradlinig gleichförmigen Beschleunigung ein homogenes Schwerkraftfeld auf dieses System wirkt. Den in der Beschleunigungsrichtung vorne liegenden Uhren entsprechen dann solche, die an Orten hohen Gravitationspotentials liegen; also müssen diese rascher laufen als jene, die sich an Orten niederen Potentials befinden. Daher die Verminderung der Frequenz [Rotverschiebung] der Linien des Sonnenspektrums.)

Die K' -Beobachter sollen nun ihre Uhren in den voneinander abweichenden Stellungen belassen (entsprechend der ausgezogenen Geraden, Fig. 3), sollen aber dafür Sorge tragen, daß die einzelnen Uhren weiterhin richtigen Gang haben (das können sie durch Messung der Lichtgeschwindigkeit kontrollieren). Dann passiert die Uhr A , die im Momente der Umkehr gegenüber der ihr gerade benachbarten K' -Uhr noch nachgeht, während des Zurücklaufens von K' nacheinander Uhren, von denen jede folgende ein bißchen gegen die vorangehende nachgeht. Ihr Gang wird also gegenüber den vorbeilaufenden K' -Uhren voreilen, und wenn sie schließlich mit B zusammentrifft, so wird sie gegen diese Uhr vorgehen⁶). Die Zeitdifferenzen zwischen

⁶) Der Effekt des Nachgehens infolge der gleichförmigen Bewegung beim Zurücklaufen ist nämlich nur halb so groß wie der durch die Umkehr bewirkte Effekt der Abweichungen der Uhren von K' untereinander. Man erkennt dies aus Fig. 3 an der Tatsache, daß der Winkel zwischen der gestrichelten und der ausgezogenen Geraden doppelt so groß ist wie jener zwischen der ausgezogenen Geraden und der x -Achse.

den Angaben der K - und K' -Uhren im Moment des Zusammentreffens von A und B (also zur Zeit $t = 2lv + 2\tau$) sind durch die Ordinaten der ausgezogenen schrägen Geraden in Fig. 4 gegeben. Die obere gestrichelte Gerade hat wieder die gleiche Bedeutung wie in Fig. 3. Wäre andererseits das System K beschleunigt worden, so wären die Zeitdifferenzen der nach A neu gerichteten Uhren von K gegenüber den K' -Uhren nach der Umkehr gegeben durch die untere gestrichelte Gerade in Fig. 3 und Fig. 4. In diesem Falle kann man die zuletzt angestellte Betrachtung wörtlich wiederholen, wenn man nur die Buchstaben K mit K' und A mit B vertauscht. Wenn also K die Beschleunigung erfährt, so wird

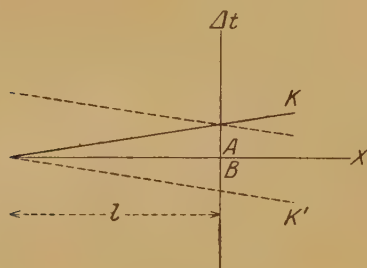


Fig. 4.

bei der Wiedervereinigung A gegen B nachgehen, wie man auch durch Betrachtung der Fig. 4 erkennt, denn die untere gestrichelte Gerade schneidet die Ordinatenachse *unterhalb* der x -Achse. Wie man sieht, ist schließlich doch der Beschleunigungsvorgang an dem Nachgehen schuld.

Herr Gehrcke fährt nun in seiner Argumentation so fort: „Weitere Konsequenzen zu erörtern erübrigt sich um so mehr, als zweitens der Grund des Nachgehens hier überhaupt nicht in Betracht kommt. Es handelt sich gar nicht um die Frage, warum die Uhr B nachgeht, sondern darum, daß sie nachgeht. In der Anerkennung des Nachgehens von B liegt inbegriffen, daß der Uhr das Prädikat der Bewegung zugesprochen werden muß, daß also die Uhr B vor der Uhr A ausgezeichnet ist. Es ist nicht mehr möglich, umgekehrt zu behaupten, A habe sich bewegt und B habe geruht. Die Gleichberechtigung der Uhren wird aufgehoben und damit wird auch die Gleichberechtigung ihrer Bewegungen aufgehoben, das Prinzip der Relativität wird durchbrochen.“

Da kommt es nun darauf an, was man unter dem Relativitätsprinzip versteht. Daß das spezielle Relativitätsprinzip hier nicht anzuwenden ist, geht aus dem oben Gesagten wohl zur Genüge hervor. Hätte nun das allgemeine Relativitätsprinzip die dem speziellen analoge Fassung: „In zwei (beliebig) gegeneinander bewegten Bezugssystemen spielen sich alle physikalischen Vorgänge in gleicher Weise ab“, so wäre die Gehrckesche Behauptung richtig, dazu brauchte man aber nicht erst die ganzen Überlegungen be-

treffs des Nachgehens der Uhren. Denn in dem mit der Uhr B bewegten System K' treten ja bei der Umkehr ganz unmittelbar festzustellende Unterschiede gegenüber dem System K auf, nämlich z. B. Trägheitskräfte, während das in K nicht der Fall ist. Beide Systeme unterscheiden sich also zweifellos voneinander. Die allgemeine Relativitätstheorie behauptet ja vielmehr folgendes: Wenn im System K' Kräfte auftreten und die Uhren in Unordnung gebracht werden, so kann man das in doppelter Weise interpretieren. Man kann nämlich entweder sagen: die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß das System K' eine beschleunigte Bewegung ausführte (dann nennen wir die auftretenden Kräfte Trägheitskräfte) oder: das System K' ruht zwar, aber alle übrigen Massen des Universums haben eine beschleunigte Bewegung dagegen ausgeführt, dadurch wurde ein Gravitationsfeld erzeugt und dieses gab Anlaß zum Auftreten der Kräfte (die in dieser Interpretation Schwerkkräfte sind) und des Effektes bezüglich des Ganges der Uhren. Gegen diese Auffassung wird vielfach eingewendet: Woher kommt die ungeheure Kraft, die notwendig wäre, um die ganze Masse der Welt in Beschleunigung zu versetzen? Nach der allgemeinen Relativitätstheorie gehört dazu eben gar keine besonders große Kraft. Denn die Körper haben ja keine Trägheit an sich; Trägheitskräfte entstehen ebenso wie die Gravitationskräfte aus der Wechselwirkung der Körper gegeneinander. Um also die Gesamtmasse der Welt gegen eine verschwindend kleine Masse (wie etwa die eines Körpers K') in Beschleunigung zu versetzen, braucht man bloß die gleiche Kraft wie für die entsprechende Beschleunigung von K' gegen den Fixsternhimmel⁷⁾. Die beiden Akte: Beschleunigung der Welt gegen einen Körper K' und Beschleunigung von K' gegen die Welt sind ja überhaupt nichts verschiedenes, sondern bloß zweierlei Interpretationen einer und derselben Tatsache. Das ist jener Standpunkt, der von Mach und Neisser⁸⁾ schon lange vor Entstehung der allgemeinen Relativitätstheorie eingenommen wurde. Die Einsteinsche Theorie vertritt durchaus keinen radikaler relativistischen Standpunkt — ihre entscheidende Bedeutung liegt vielmehr darin, daß in ihr Feldgleichungen der Gravitation aufgestellt wurden, die so beschaffen sind, daß nach ihnen eine Beschleunigung der umgehenden Massen (Fixsterne) tatsächlich Schwerkkräfte nach Art eines Induktionsstoßes auslöst, welche die genannten Effekte verursachen.

Ob man in dieser Auffassung überhaupt eine Komplikation erblicken kann, bleibe dem subjektiven Ermessen des einzelnen überlassen.

⁷⁾ Darum fällt auch der Lenardsche Kirchturm nicht um.

⁸⁾ Ich verweise auf das in Vergessenheit geratene leistungswerte Büchlein von Karl Neisser: Ptolemäus oder Kopernikus? Leipzig 1907.

Die Geselligkeit der Vögel im Verhältnis zu ihrem Triebleben.

Von Fritz Braun, Dt.-Eylan.

Der trübe Spätherbstmorgen beginnt kaum zu dämmern, da stapfen wir durch die mit Feuchtigkeit gesättigten, wenig mehr denn kniehohen Büsche der bithynischen Heide, um einen Bergwald zu erreichen, in dessen tiefeingeschnittenen Bachtälern sich das Schwarzwild suhlt. Plötzlich wird's um uns her lebendig. Hier und da und dort, an fünf, an zehn, an zwanzig Stellen ertönt der scharfe Lockruf des Rotkehlchens (*Eritacus rubecula* L.). Ein großer Flug von ihnen, der dem Süden zustrebt, ist hier im Buschwerk eingefallen, und nun locken sie einander so eifrig, als fürchteten sie nichts so sehr, als von den Genossen abzukommen.

Unser Geselle ist ein schweigsamer Mann, sonderlich in dieser nebel schweren, unwirschen Morgenstunde, und so habe ich Muße, meinen Gedanken nachzuhängen. Allerlei Rotkehlchen-erinnerungen werden wieder lebendig. Am lichten Aprilabend wandere ich durch den ostmärkischen Mischwald, wo hochaufstrebendes Haselgebüsch unter stammfreien Kiefern ansehnliches Unterholz bildet. Auf jedem zehnten Busch trägt von dem höchsten Ast ein Rotkehlchen seine Frühlingspredigt vor. Versuchtest du nach deinen Beobachtungen annähernd zu berechnen, wieviele von ihnen in dem an die 80 ha großen Stadtwalde wohnen dürften, so erhieltest du eine recht ansehnliche Zahl, und doch bilden die Tierchen nichts weniger als eine Gemeinschaft. Sie scheinen ganz im Gegenteil keine größere Sorge zu kennen, als sich den Nachbar vom Leibe zu halten, denn käme eines der Männchen dem nächsten ins Revier, so setzte es gleich erbitterte Kämpfe, bis sich das schwächere zurückgezogen hätte. Und auch jenes Tages erinnere ich mich, da der Tertianer sich von seinem Taschengeld ein zweites Rotkehlchen erstanden und zu dem älteren Pflegling in den Käfig gesetzt hatte. Als er am nächsten Morgen nach seinen Vögeln schaute, lag der Neuling tot am Boden, aber auch der alte Vogel war so hart mitgenommen, daß er nie mehr seines Lebens so recht froh wurde. Wie reimt sich nun diese Streitlust mit der Geselligkeit jener Rotkehlchen zusammen, die uns soeben auf ihrem Wanderfluge begegneten? —

Und noch eine andere Erfahrung kommt mir bei dieser Gelegenheit wieder in den Sinn. Eben ertönte das Glockenzeichen, das den Schülern der deutschen Oberrealschule in Konstantinopel-Pera das Ende des Nachmittagsunterrichts anzeigt. Aber seltsamerweise haben sie es heute gar nicht so eilig wie sonst. Da wir aus dem Portal heraustreten, stehen sie noch in Gruppen beisammen und spähen zum blauen Himmel empor. Dort aber hängt ein mächtiges Flugbild neben dem anderen. Steinadler (*Aquila chrysaetus* L.), Steppenadler (*Aquila orientalis*, Cab.), der

schlanke Habichtsadler (*Nisaetus pennatus* Gmelin) und der stämmigere Schreiadler (*Aquila pomarina* Chr. L. Brehm) schweben dort langsam gen Süden, zumeist Arten, die sonst für Geselligkeit wenig empfänglich sind und allein auf ihre Beute pürschen. Auch sie hat der Wandertrieb in Scharen zusammengeführt.

Die Zeiten, da wir mit *Palmén* des Glaubens lebten, die Zugvögel hielten auf ihren Wanderungen ganz bestimmte Straßen inne, die man auf die Landkarten eintragen könne wie Chausseen, Eisenbahnen oder Telegraphenlinien, liegen hinter uns. Wohl unterschätzen wir auch heute nicht die Bedeutung großer Strömtäler, tiefeingeschnittener Gebirgspässe und bestimmter Küstestrecken und Meerengen, aber ebenso gut wissen wir auch, daß die Zugvögel oft genug in breiter Front vorrücken, wobei die überflogenen Erdräume in den einzelnen Jahren durchaus nicht immer die gleichen zu sein brauchen.

Suchen wir nun die 500—600 Vögel, aus denen ein bestimmter Schwarm von Zugvögeln bestehen mag, als Individuen zu würdigen, so müssen wir zu dem Schluß gelangen, daß vermutlich nur sehr wenige von ihnen, auf sich allein angewiesen, genau den gleichen Weg einschlagen würden. Der eine Vogel würde mehr nördlich, der andere mehr südlich ziehen, der eine an bestimmten Stellen früher, der andere später abschwanken. Dadurch, daß sie sich alle zusammen auf die Wanderung machen, fügen sich alle ihre individuellen Handlungen — von individuellen Willenshandlungen möchten wir bei unserer Auffassung des Trieblebens nicht gerne reden — zu einer *Gesamthandlung* zusammen, bei der sich alle individuellen Schwankungen zu einer mittleren Richtung zusammenfinden, die auch von Geschlecht zu Geschlecht bei diesem Verfahren den denkbar geringsten Schwankungen unterworfen ist.

Würden sich unsere Hausschwalben (*Chelidonaria urbana* L.) einzeln auf den Wanderflug machen, so möchten sie ihn kaum mit derselben Pünktlichkeit beginnen, wie das jetzt geschieht, da die Organismen der einzelnen Tiere nicht völlig gleichgestellten Uhren entsprechen. So dürfte auch die durch die Geselligkeit bewirkte *Reizhäufung* von wesentlicher Bedeutung sein. Man denke nur einmal an die Scharen von Schwalben, die sich vor dem Abzuge zusammenfinden. Zweifellos würden manche dieser Schwalben, auf sich selbst gestellt, schon lange vor der tatsächlichen Abreise aufbrechen, während andere sich erst später zum Aufbruch entschließen möchten. Der Geselligkeitstrieb dürfte in solchen Fällen jene zurückhalten, bis die Reizhäufung so groß geworden ist, daß sich die Mehrzahl in die Lüfte erhebt und nun der Nachahmungstrieb auch die Vögel, bei denen der Wandertrieb noch nicht stark genug wäre, veranlaßt, sich dem großen Heere ihrer Artgenossen anzuschließen, so daß die Folge der Vergesellschaftung die gemeinsame, gleichzeitig vollzogene Handlung ist.

Von welcher Bedeutung die durch die Geselligkeit ermöglichte Reizhäufung ist, können wir in geringerem Maßstabe auch dann feststellen, wenn eine Schar streichender Kohlmeisen (*Parus maior* L.) sich der Aufgabe gegenüberstellt, eine weite Blöße zu überfliegen. Erst nachdem die kecksten Männchen eine ganze Weile in kurzen Flugbögen ins Freie gestrebt und wieder in die Deckung zurückgekehrt sind, gewinnt es der ganze Flug über sich, das große Wagnis zu unternehmen.

Bei dieser Gelegenheit wäre es wohl angebracht, zu betonen, daß die Zahl der gesellig ziehenden Vögel viel größer ist als man gemeinlich annimmt. Auch solche Arten, die einzeln oder paarweise in ihre Brutreviere einrücken, legen doch vielfach die eigentliche Reise in größeren Verbänden zurück. Noch *Naumann* unterschätzte z. B. bei weitem die Größe der Flüge, in denen das Rotkehlchen wandert. Erst von *Gaetke* sind seine Anschauungen berichtigt worden. Auch hinsichtlich der *Sylviinae* lebte ich selber in ganz falschen Vorstellungen, bis mir mein griechischer Vogelfänger aus dem Weichbilde von Konstantinopel auf einmal, sagen wir einmal, beispielsweise 11,8 Schwarzplättchen (*Sylvia atricapilla* L.) oder 7,9 Gartengrasmücken (*Sylvia simplex* Latham) zutrug und ich selber in dem Hain der Sérailspitze unter zahllosen Laubvögeln (*Phylloscopus*arten) lustwandelte, die dort vor der Reise über das Marmarameer Rast machten.

Wo wir sehen, daß Vogelarten ein ungeselliges Leben führen, läßt sich ihre Vereinzelung fast immer durch die Rücksicht auf die Nahrung erklären. Eine Schar von Wasserstaren (*Cinclus cinclus* L.) am Gebirgsbach, ein großer Flug von Schwarzspechten (*Dryocopus martius* L.) im heimatischen Nadelwalde wäre schon wegen der Ernährungsweise dieser Arten undenkbar. Auf dieselbe Ursache ist es auch zurückzuführen, daß die Paare mancher sonst gesellig lebenden Vogelart zur Brutzeit ein bestimmtes Revier gegen *artgleiche* Vögel energisch verteidigen. Wir müssen das Wort artgleich aber wirklich dick unterstreichen, denn die enge Nachbarschaft solcher Vögel, die auf wesensverschiedene Nahrung angewiesen sind, lassen sie sich auch dann in der Regel gern gefallen. Das kriegerische Buchfinkenmännchen (*Fringilla coelebs* L.) kümmert sich nicht um den Trauerfliegenschnäpper (*Muscicapa atricapilla* L.), der in demselben Baume nistet, und das so kampflustige Rotkehlchen nicht um die Kohlmeise, die in seinem Revier nisten möchte.

Im allgemeinen dürfen wir wohl von dem Gedanken ausgehen, daß die Geselligkeit die Regel war, und daß die paarweise Absonderung nur dann eintrat, wenn sie dauernd durch die Eigenart der Nahrung oder periodisch durch das Brutgeschäft geboten war.

Nach dem Flüggewerden der Brut ergeben sich dann kleinere Gesellschaften schon durch das Zu-

sammenbleiben der Familienmitglieder, wobei ohne viel eigentliche Lehrtätigkeit der Eltern dank dem Nachahmungstrieb auch die rasche Ausbildung des jungen Nachwuchses in allen lebenserhaltenden Bewegungsreihen ermöglicht wird. Solche Gesellschaften vergrößern sich dann durch Zusammenrotten der einzelnen Familien, bis jene Schwärme zusammenkommen, denen wir hier in den Heeren der Zugvögel, dort in den Flügen der Strichvögel begegnen. Begrifflich dürfte zwischen beiden kein allzu großer Unterschied bestehen, da der Strich aller Wahrscheinlichkeit nach nichts anderes ist als ein rudimentäres Überbleibsel des Wanderfluges bei solchen Arten, die früher einmal Zugvögel gewesen sind, heute zu den Strichvögeln gerechnet werden und nach vielen, vielen Geschlechtern sich vielleicht zu Standvögeln entwickelt haben werden.

Mit *Altums* Erklärungsversuch der Tatsache, daß sich so viele Finken- und Ammernarten (*Fringillidae* und *Emberizinae*) im Herbst zu mächtigen Flügen zusammenscharen, vermögen wir nichts anzufangen. Jener verdienstvolle Forscher, zu dem wir in dankbarer Verehrung aufblicken, meint, das sei nötig, weil dann an bestimmten Stellen eine Überfülle von Pflanzensamen vertilgt werden müsse. Diese Stellen auffindig zu machen, gelänge den Vögeln viel besser, wenn sie *einzelne* das Gelände absuchten und dann die Artgenossen und Verwandten zu den guten Futterstellen herbeilockten, um sich nach der Mahlzeit wieder zu zerstreuen. Auch dieser Fall zeigt wieder einmal, wie leicht man durch das Streben nach teleologischen Erklärungen auf Abwege geführt wird. Uns genügt es, solche Erscheinungen biogenetisch zu erklären, und das geschieht ganz zwanglos, wenn wir in dem Verein der Strichvögel die alte Gemeinschaft der Zugvögel wiedererkennen.

Im einzelnen kann die Zusammenrottung der Vögel je nach der Art zu recht verschiedenen Zeiten ihren Höhepunkt erreichen. Die größten Haussperlingsschwärme (*Passer domesticus* L.) finden wir beispielsweise während der Reifezeit der Zerealien, die Feldsperlinge (*Passer montanus* L.) unseres Gieserich-Gaus scharen sich im Spätwinter zu den ansehnlichsten Flügen zusammen, wenn die letzten Triftbewohner in die Vorstadtstraßen übersiedelt sind. Evidenterweise hängt das mit der Nahrungsaufnahme eng zusammen. Aus demselben Grunde treffen sich im Herbst bunte Vogelgesellschaften in den beerenreichen Feldhecken. Sind doch die herbstlichen Kostgänger des Holunderstrauchs jedem Vogelfreunde wohl bekannt. Ähnlichen Zusammenrottungen verschiedener Arten begegnen wir auch während des Vogelzugs, wenn die Wanderer durch widrige Witterungsverhältnisse zurückgehalten werden, doch spielen dann eben diese und nicht die Nahrungssuche die Hauptrolle, da die Vögel während des Zuges auffällig lange zu fasten vermögen. Dabei ergeben sich nicht selten Ver-

eine, die in ihrer Lebensweise so verschieden sind wie Würger, Pirole und Bienenfresser (Laniidae, Oriolidae und Meropidae). Meine griechischen Vogelfänger in Konstantinopel brachten mir aus demselben mit Buschwald bedeckten Hügelrevier am Bosphorus Grasmücken, Laubsänger, Gartenrotschwänzen und Fliegenschnäpper (Sylviinae, Phylloscopusarten, Erithacinae und Muscicapidae) heim. Ja, mein Gesinnungsgenosse *Paluka* behauptete sogar, daß auch Bartmeisen (*Panurus biarmicus* L.) dort unter ganz wesensverschiedenen Genossen erbeutet worden seien. Das sind also Zustände, die sozusagen nur durch die mechanische Wirkung äußerer Naturkräfte zustandekommen.

Eine kausale und biogenetische Erklärung für das Entstehen der bekannten Meisenheere zu finden, die aus Spechten (Picidae), Kleibern (Sittidae), Baumläufern (Certhiidae), Meisen (Parinae) und Goldhähnchen (Regulinae) bestehen, wird wohl nicht leicht sein, wenn man sich nicht mit Deutungen begnügen will, die sich zwar einleuchtend anhören, aber doch eben nur den äußeren Ansprüchen einer rein formalen Logik genügen. Mit derlei Erklärungen ist in der Biologie gerade genug gesündigt worden. Altmeister *Naumann* begnügt sich mit der Annahme, daß die Zusammenrottung in den Meisenheeren diesen Vögeln erhöhte Sicherheit vor dem Feinde biete. Daran ist sicher etwas Wahres, aber ob dieser Erklärungsversuch genügt? — Auch die Nahrungssuche dürfte durch den großen Verein der Tierchen erleichtert werden. Immer wieder dehnt sich der Schwarm elastisch über größere Räume aus, um sich dort zusammenzuziehen, wo eine ergiebige Nahrungsquelle entdeckt ist, welche die glücklichen Finder an dem Weiterzuge hindert. Dabei trifft es sich sehr glücklich, daß Spechte, Spechtmeisen, Baumläufer und die kleinen Meisen und Goldhähnchen zwar alle an derselben Örtlichkeit dem Nahrungserwerbe obliegen, aber sich dabei doch nicht allzu sehr gegenseitig ins Gehege kommen. Man braucht sich nur einmal eine solche Meisenschar, sagen wir einmal 2 große Buntspechte, 5 Kleiber, 4 Baumläufer, 6 Haubenmeisen, 8 Tannenmeisen und 10 Goldhähnchen auf ein und denselben Riesenkiefer vorzustellen, um sich über das eben Gesagte klar zu werden. Dabei bietet ein solcher Baum, der vielleicht dem Raupenfraß anheimfiel, nicht nur einzelnen Gliedern der Gemeinschaft, sondern ihnen allen die reichste Ausbeute. Außerdem mögen auch diese Meisenheere Erinnerungen an eine Zeit darstellen, da die Meisen noch ausgesprochenere Zugvögel waren, aber wegen ihrer geringen Flugfähigkeit den Zug langsam vorrückend in nahrungsreichen Geländestreifen bewerkstelligten, wo sich die verwandten Arten ganz von selber zusammenfanden. Gerade die Meisenarten sind ja deshalb interessant, weil manche von ihnen (vgl. die Kohlmeise) zu gleicher Zeit Zug-, Strich- und Standvögel enthalten. Die rätsel-

hafte Erscheinung, daß die Kohlmeisenheere, die vor hundert Jahren die zahlreichen Meisenherde Mitteldeutschlands mit reicher Beute versorgten, schließlich ausblieben, dürfte nicht einzig und allein darauf zurückzuführen sein, daß die Kohlmeisen, absolut genommen, seltener wurden. Sicherlich spricht dabei auch der Umstand mit, daß große Mengen von Kohlmeisen in der Nähe der sehr viel zahlreicher gewordenen Siedelungen sich in Standvögel verwandelt haben. Wer bei uns im deutschen Nordosten gerade der Kohlmeise besondere Aufmerksamkeit schenkt, wird über die Zahl der Vögel, die in nächster Nähe der Ortschaften überwintern, wohl überrascht sein. Dabei war es mir gerade bei den Kohlmeisen auffällig, daß sie sich auch durch die günstigsten Ernährungsverhältnisse nicht zu übermäßiger Ansammlung an bestimmten Stellen verleiten lassen. An der Futterstelle in meinem Garten, wo leichtlich die zehnfache Zahl bestehen könnte, treiben sich immer nur 5—6 herum. Fange ich sie fort, um sie an entlegenen Stellen fliegen zu lassen, so ist sofort Ersatz vorhanden und geschähe es noch so oft, aber daß sie sich ohnedem einstellten, ist mir eigentlich noch nicht vorgekommen.

Trotz der Meisenheere finden wir jedoch die größten Vogelgesellschaften bei uns im freien Gelände. Wer kennt nicht die ungeheuren Flüge, die sich im Herbst aus allerlei finken- und ammerartigen Vögeln zusammenrotten, oder die Scharen von Feldlerchen (*Alauda arvensis* L.) und Piepern (*Anthus*arten), die sich vor der Südlandsreise auf den Blachfeldern herumtreiben. Bei dem Zustandekommen dieser Scharen müssen wir wohl auch mit dem Umstande rechnen, daß infolge des freien Gesichtsfeldes im offenen Gelände der Nachahmungstrieb eine viel größere Rolle spielt als im geschlossenen Walde, trotzdem auch hier namentlich die Drosselartigen (*Turdinae*) sich zu gewaltigen Scharen vereinigen, die manchen Seltling ihrer Familie in weit entlegene Gebiete fortführen. Im allgemeinen wird man wohl annehmen dürfen, daß fast jeder Finkenvogel, den wir im Herbst auf dem Blachfeld fliegen lassen, dem nächsten Fluge verwandter Vögel zustreben wird. Daß manche Arten — ich erinnere nur an den Stieglitz (*Carduelis carduelis* L.) — lieber unter sich bleiben, mag daran liegen, daß der Rhythmus ihres Fluges, die Längen und Kurven ihrer Flugbögen sich beim Weitflug den Bewegungen der vergesellschafteten Finken und Ammern nicht recht anpassen wollen. Auch bei dem Erlenzeisig (*Chrysomitris spinus* L.) spielt das wohl eine Rolle. Außerdem klebt gerade diese Art am Baumwuchs und hat im offenen Gelände verhältnismäßig wenig zu suchen. Wieder andere, wie die Gimpel (*Pyrrhula pyrrhula* L.), sind in gleichem Maße Baumvögel und finden zudem unter den deutschen Verwandten keine Arten von derselben Ruheseligkeit, die sich nach ihrem Phlegma richten möchten.

Dabei finden wir auch Verbände und Freund-

schaften, deren Ursache wir bei dem besten Willen nicht ausfindig machen können. Die gegenseitige Vorliebe der Dohlen und Feldtauben, Krähen und Möven erklärt sich unschwer aus gemeinsamer Nahrungssuche. Im ersten Falle mögen die Feldtauben außerdem noch von der Vorsicht der klugen Dohlen ihren Nutzen haben. Dagegen müssen wir schlechthin unsere Unfähigkeit eingestehen, irgendeinen halbwegs einleuchtenden Grund anzuführen, warum sich die Goldammern (*Emberiza citrinella* L.) zu den Wacholderdrosseln (*Turdus pilaris* L.) hingezogen fühlen. Vielleicht haben wir es dabei mit atavistischen Neigungen zu tun, die dereinst ihren guten Sinn hatten, als die Arten noch mit wesentlich anderen Lebensbedingungen rechnen mußten.

Auch hier müssen wir — wo wäre das bei ähnlichen biologischen Fragen nicht der Weisheit letzter Schluß? — davor warnen, den Tieren bei den betreffenden Vorgängen allzuviel Bewußtsein und planmäßiges Handeln zuzuschreiben. Wäre das im Freileben der Fall, so würden wir doch auch in der Gefangenschaft Spuren davon wahrnehmen. Im allgemeinen bringt aber jede unerwartete Veränderung der Außenwelt die Tierchen aus Rand und Band, wie ein Uhrwerk, aus dem die gewohnte Hemmung entfernt ist.

Bei meinen Fangkäfigen — ich benutze dazu in der Regel größere Drahtkäfige, deren Tür vom Stubenfenster aus durch eine Fadenleitung geschlossen werden kann — fiel es mir immer auf, wie ungern selbst die Mitglieder geselliger Arten gleichzeitig in den Käfig hineingehen. Höchstens die Grünfinken (*Chloris chloris* L.) machen in dieser Hinsicht eine Ausnahme und drängen sich in Menge hinein. Aber sitzt beispielsweise ein Feldsperling in einem solchen Behälter, so warten in der Regel seine ebenso hungrigen Artgenossen, bis er wieder heraus ist, und selbst die Kohlmeise pflegt in Unruhe zu geraten, wenn noch eine in den Käfig hineinkommt, fliegt dann angstvoll an den Wänden hin und her und sucht so bald als möglich die Tür zu gewinnen.

Vor diesen Fangkäfigen schüttelten meine Bekannten oft genug darüber den Kopf, wie dumm sich manche Arten in solchen Lagen benehmen. Ob wir aber gut daran täten, ihre Handlungsweise als „dumm“ zu brandmarken? — Zumeist handeln die Tiere vom menschlichen Standpunkt aus weder klug noch dumm, sondern schlechthin in der ihnen zur Natur gewordenen Weise. Öffnungen, welche der Kohlmeise draußen im Freien nach einer Richtung den Weg freigeben, pflegen das auch nach der entgegengesetzten zu tun. Mit Türen, die hinter ihr zu fallen, hat sie dort ebensowenig etwas zu schaffen wie der Grünfink, der von den breitkronigen Linden der Chaussee im Mittwinter zum ersten Male in einen Hausgarten kommt. Selbst die leidige Sitte gefangener Meisen, sich in der ersten Zeit der Gefangenschaft mit dem Kopf durch die Sprossen des Käfigs zu zwängen, wobei die Vögel

nicht selten Schaden nehmen oder sich gar abwürgen, dürfen wir nicht als störrische Dummheit bezeichnen. Auch hier handeln sie unbewußt nach der Erfahrung ihres Freilebens, daß sie überall, wo sie hineinkommen, auch wieder einen Weg ins Freie finden, und daß sie dabei oft genug den gewünschten Erfolg haben, weiß wohl jeder, der größere Mengen dieser Tiere verpflegt hat.

Sogar die allgeselligsten Vögel mögen sich ihresgleichen nicht fortwährend dicht auf den Leib rücken lassen. Es ist mir schon vorgekommen, daß ich unmittelbar nacheinander die beiden Gatten eines Kohlmeisenpärchens fing und in denselben kleinen Behälter steckte. Aber weit davon entfernt, sich in der Notlage enger aneinanderzuschließen, fielen die Vögel wie rasend übereinander her und bearbeiteten sich mit Schnäbeln und Krallen. Die regellose, ungeordnete Art der Bewegungen ihres Genossen wird von ihnen bei dem geringen Bewegungsspielraum wohl unbewußt als etwas Gefährliches angesehen, so daß sie dem Geschöpf, von dem die Gefahr zu drohen scheint, ans Leben wollen. Ließ ich die Tierchen gleich darauf fliegen, so benahmen sie sich schon nach einer Viertelstunde wieder genau so wie vorher und holten sich abwechselnd ihre Haferkörner aus dem Fangbauer, um sie dicht nebeneinander auf demselben Zweig aufzufressen. Mit der Verwirrung ihrer Bewegungen hatte auch die Verwirrung ihrer Gefühle aufgehört.

Auch Naumann hebt sehr drastisch hervor, wie der Bergfink (*Fringilla montifringilla* L.) im Lockbauer, der sich aus allen Kräften bemüht, seine vorüberfliegenden Artgenossen anzulocken, über den Gefangenen, den man in seinen Behälter setzt, sogleich mordgierig herfällt, obgleich diese Vogelart im Freileben zu den geselligsten gehört. Der eben Gefangene mag wegen seiner regellosen Bewegungen dem Lockvogel gar nicht als Artgenosse erscheinen, und selbst bei längerem Zusammenleben wird wohl kaum solche Übereinstimmung der Bewegungen mit denen in der freien Natur erzielt, daß sich die Vögel ebenso wie dort zueinander verhalten.

Als ob mich meine Pfleglinge selber daran erinnern wollten, ich solle nur ja nicht einen besonders typischen Fall ihres Gemeinschaftslebens mit Stillschweigen übergehen, brachte mir die letzte Nacht wieder ein ärgerliches Mißgeschick. Als ich frühmorgens im Dämmerlicht die Käfige zu reinigen begann, sah ich, daß ein Bergfink nicht auf die Sprosse fliegen konnte, weil er sich alle Schwungfedern ausgeschlagen hatte. Einem Zeisig, einem Grünfink und einem Kanarienvogel war es ebenso gegangen. Dieses nächtliche Toben bereitet jedem Vogelpfleger vielen Ärger. Ein Oheim von mir hüllte deshalb Abend für Abend alle seine Käfige in dichte, dunkle Decken, ein Verfahren, das ich mir bei zweiundzwanzig Käfigen nicht gut leisten kann. Dieses nächtliche Toben gefangener Vögel erscheint uns als die blödeste Dummschau; in der Freiheit hat

es aber seine gute Berechtigung. Droht dort gemeinschaftlich schlafenden Vögeln Gefahr, so tun sie am besten, stracks aufzufliegen und da zu bleiben, wo sie gerade nach ihrem stürmischen Fluge niederfallen. Es müßte komisch zugehen, wenn das auch ein Ort besonderer Gefährdung sein sollte. Im Käfig ergeht es ihnen aber bei dem gleichen Verfahren recht übel. Sie rasen gegen die Sprossen, der Schmerz veranlaßt sie, mit demselben Erfolge nach der entgegengesetzten Seite zu fliegen, und so wiederholt sich das so lange, bis sie mit ausgeschlagenen Schwungfedern hilflos am Boden hocken.

Es versteht sich von selber, daß ich von meinen gefangenen Vögeln zu dem Kapitel „Geselligkeit und Triebleben“ manches zu berichten hätte. Das meiste davon gehört aber in einen anderen Begriffskreis, so daß ich klüger handelte, wenn ich dem Bericht die Bezeichnung „Von Freundschaft und Feindschaft gefangener Vögel“ geben wollte. Darauf heute noch einzugehen, würde zu weit führen. Vielleicht treffen wir zu dem Behuf noch einmal in meiner Vogelstube zusammen.

Besprechungen.

Handbuch der Radiologie. Herausgegeben von Dr. *Erich Marx*. Bd. 1. *J. S. Townsend*, Ionisation der Gase; *H. Geitel*, Radioaktivität der Erde und der Atmosphäre. Leipzig, Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1920. XVII, 473 S. und 166 Abb. und Figuren im Text. Preis geh. M. 72,—; geb. M. 80,—.

Nachdem in dem Zeitraum 1913 bis 1919 die Bände 2—5 des Handbuchs erschienen sind, kommt gegen Ende 1920 von den beiden noch fehlenden der erste Band, seit nunmehr 6½ Jahren druckfertig, aber aus „politischen“ Gründen zurückgehalten während vier Kriegs- plus den zwei ersten Friedensjahren. Es ist nicht recht einzusehen, warum gerade jetzt die Verlagsbuchhandlung den Augenblick für gekommen erachtete, die gegen seine Veröffentlichung bestehenden Bedenken als überwunden zu erklären. Der größere Teil des Bandes ist von einem englischen Physiker geschrieben, Professor *J. S. Townsend* in Oxford. Hatten Herausgeber und Verlag den *Physiker Townsend* früher als den geeigneten Verfasser erachtet, so hätten sie diese Meinung wohl auch durch sofortige Veröffentlichung 1914 oder 1915 vertreten dürfen. Hatte man *Townsend* aus anderen Gründen gewählt, so wäre nicht so sehr die Veröffentlichung als vielmehr die Wahl selbst entschiedenst zu verwerfen. Wir halten diese Alternative aber für ausgeschlossen.

Daß durch eine 6 Jahre lange Zurückhaltung eines wissenschaftlichen Werkes über ein modernes Arbeitsgebiet allerlei Unzuträglichkeiten zu erwarten sind, war von Referenten früher erschienener Bände immer wieder betont worden. Die Verlagsbuchhandlung hielt deren Gründe wohl nicht für stichhaltig und hat damit eine recht schwierige Lage geschaffen. Besteht doch nun der Verdacht, daß bei einer Kritik nicht nur sachliche Motive leitend wären. Denn das Werk kann nicht anders als reichlich veraltet bezeichnet werden. Der Herausgeber sagt in seinem Vorwort, daß er auch heute die *Townsend'sche* Darstellung noch als klarste, übersichtlichste und gründlichste Darstellung der

Grundlagen der Elektrizitätsleitung in Gasen ansieht. Das soll unbestritten bleiben — wenn auch die Klarheit bei der Übersetzung verloren gegangen zu sein scheint. Aber das Buch bildet nicht mehr die Grundlage für das groß angelegte Werk des Handbuchs, und das wird noch viel mehr hervortreten, wenn einmal der letzte Band, der die Theorien der Radiologie enthalten soll, erschienen ist. Denn tatsächlich fehlen alle modernen Arbeiten, welche für die heutige Anschauung und die Theorie fundamental sind. Nicht nur, daß die ganz grundlegenden Arbeiten von *Franck* und *Hertz*, die, 1913 begonnen, schon 1914 durch die Entdeckung der quantenmäßigen Erregung der Resonanzstrahlung durch Elektronenstoß einen gewissen Abschluß gefunden hatten, ganz fehlen, daß der Name *J. Stark* vergeblich gesucht wird, daß *Lenards* und seiner Schüler Arbeiten über Kathodenstrahlen stark selektiv berichtet sind — *Townsend* setzt sich gelegentlich auch in direkten Gegensatz zu heute — und schon 1914 — angenommenen Anschauungen, z. B. über die Abhängigkeit des lichtelektrischen Effekts von der Intensität des erregenden Lichtes: kein Wort über die Bedeutung der Wellenlänge. Sind diese Fragen auch nur kurz vom Gesichtspunkt der Methodik der Ionenerzeugung in Gasen behandelt, so dürfte doch ein Hinweis auf die umfangreiche lichtelektrische Literatur, die Frage der Kontaktpotentiale der lichtelektrischen Elektroden, wie sie in den Arbeiten von *Pohl* und *Pringsheim* so klar zutage gefördert wurden, nicht fehlen, wenn, wie in § 54, überhaupt auf die theoretische Frage eingegangen wurde. Die Druckabhängigkeit des lichtelektrischen Effekts ist in § 211 behandelt nach Messungen von *Stoletow* aus dem Jahre 1890, ersichtlich nur als Beispiel für den Einfluß des Gasdrucks auf die Stoßionisation. Es ist aber irreführend, wenn als Elektronenerzeugungsmethode dann ein Effekt genommen wird, dessen komplizierte Abhängigkeit vom Gasdruck an sich eine so viel umstrittenere Frage ist, ohne hierauf auch nur hinzuweisen — selbst wenn das Handbuch anderweitig eine umfassende Darstellung dieses Gebietes enthält.

Solchen Mängeln, die sich leider zahlreich finden — besonders in dem 2. Kapitel „Methode der Ionenerzeugung in Gasen“ —, stehen wieder ausgezeichnete Darstellungen gegenüber. Wir begnügen uns mit der Inhaltsangabe: Erzeugung der Ionen in Gasen; Geschwindigkeit der Ionen im elektrischen Feld; Diffusion der Ionen; Rekombination; Bildung von Nebeln und die Bestimmung der Atomladung (hier fehlen alle Arbeiten von *Ehrenhaft*, deren Berücksichtigung gerade dann, wenn der Verfasser sie auch nicht für richtig hält, erwünscht wäre; die Methode der Beobachtung an Einzelteilchen stammt nicht von *Millikan*, sondern von *Ehrenhaft*); Ionisation durch den Stoß negativer Ionen; Ionisation durch Stoß der positiven Ionen; Entladung zwischen Leitern verschiedener Formen; Entladungsröhren.

Noch ein paar Worte zur Darstellung. Selten wird man den Eindruck los, daß es sich um eine Übersetzung handelt, welche recht reichlich stilistische Mängel und auch grobe Satzfehler enthält. Manchmal scheint es, als ob auch das Original nicht ganz klar geschrieben sei. Statt Elektron „Negatives Ion“, „negativ geladenes Elektron“, „Atomladung“ — das entspricht nicht unserem Sprachgebrauch und verwirrt, wenn wie auf S. 4 „negatives Ion“ in einem Satz für Elektron und ionisiertes Molekül gebraucht wird (der lichtelektrische Effekt besteht in der Entbindung von Elektronen, nicht

in „Lösung negativer Ionen vom Metall“). Hier hätte der Übersetzer wohl manches bessern können. Merkwürdig muten aber Sätze an: „als Lichtquelle diente eine Funkenstrecke . . . in einem Kreise, in dem eine Leidener Flasche angebracht war“; oder „Intensität kann ohne Veränderung der Natur des Lichtes geändert werden durch Benutzung derselben Strahlenquelle in verschiedenen Entfernungen“! Oder Überschriften der Kapitel wie: „Abhängigkeit des lichtelektrischen Effekts von der Entfernung“ oder „Entladungen mit einer Batterie von 1000 Volt“! Das Inhaltsverzeichnis kündigt Versuche von Dorn an über „magnetische Ablenkung sekundärer Röntgenstrahlen“. Oft ist nicht zu erkennen, ob Unklarheiten dem Verfasser oder dem sich bescheiden nicht nennenden Übersetzer zuzuschreiben sind. Entschiedenst soll aber betont werden, daß der Herausgeber für einen Nachtrag hätte sorgen müssen, selbst wenn die Herausgabe des Bandes ein Vierteljahr mehr als sechs Jahre gedauert hätte. So steht leider dieser erste grundlegende Teil ganz und gar nicht auf der Höhe der Mehrzahl der anderen Monographien des Marxschen Handbuches.

Marx weist in seinem Vorwort auf die Ergänzungen hin, welche in den vortrefflichen Sammelreferaten in Starks Jahrbuch der Radioaktivität enthalten sind. Hierzu sei besonders hinzugefügt die lückenlose kritische Darstellung Lenards über „Kathodenstrahlen aller Geschwindigkeiten“. Vielleicht entschließt sich der Herr Herausgeber doch, dem letzten theoretischen Band eine ergänzende Einleitung wenigstens über die moderne Ionisationstheorie hinzuzufügen.

Der zweite Teil des ersten Bandes ist von H. Geitel verfaßt: Radioaktivität der Erde und der Atmosphäre. Auf nur 57 Seiten wird eine gut disponierte, klar und schön geschriebene Darstellung des Radiumgehaltes von Gestein, Flüssigkeiten und Atmosphäre der Erde gegeben, ihrer Bedeutung für geologische Fragen, ihrer Messung in Theorie und Praxis — Gebiete, auf denen der Verfasser gemeinsam mit seinem zu früh verstorbenen Freunde J. Elster Grundlegendes geschaffen hat: „Kein Forscher hat mehr zu unserer Kenntnis der Radioaktivität der Erde und der Atmosphäre beigetragen wie sie“, schreibt Rutherford einleitend zur Behandlung des gleichen Gegenstandes in Bd. 2 des Handbuches, Kap. XIX. So kann auch die doppelte Behandlung dieser Fragen in zwei Teilen des Handbuches nur Genußgewinn bereiten.

Walther Gerlach, Frankfurt a. M.

Beutner, R., Die Entstehung elektrischer Ströme in lebenden Geweben und ihre künstliche Nachahmung durch synthetische organische Substanzen. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1920. XI, 157 S. und 15 Textabbildungen. Preis M. 40,—.

Dieses Buch gehört zu den lesenswertesten Erscheinungen auf dem Gebiete der physikochemischen Erforschung physiologischer Erscheinungen. Der Physikochemiker muß es als einen wichtigen Fortschritt in der Aufklärung über das Wesen metallfreier, galvanischer Ketten betrachten, theoretisch wie experimentell von gleicher Klarheit und Schönheit, dem Physiologen aber ist es geradezu ein Markstein in der Geschichte der Elektrophysiologie. Das Prinzip der in tierischen und pflanzlichen Geweben seit vielen Jahrzehnten beobachteten verhältnismäßig großen elektrischen Potentialdifferenzen wird hier dem Verständnis zugänglich gemacht, nachdem es solange ein undurchdringliches Rätsel gewesen ist. Der Verfasser, der seine Untersuchungen im Jahre 1911 mit Jaques Loeb

begonnen hat, hat eine Fülle von theoretischem und experimentellem Material zutage gefördert und metallfreie Ketten hergestellt, deren elektromotorische Kraft nach seiner Theorie genau voraus berechenbar ist, und die in allen Einzelheiten diejenigen Eigenschaften zeigen, die der sogen. Verletzungsstrom tierischer oder pflanzlicher Gewebe zeigt. Es wäre ein vergebliches Bemühen, in einem Referat auch nur eine Übersicht über den ganzen Inhalt geben zu wollen. Ich möchte mich daher mit der Darstellung des Prinzips begnügen. Dieses geht zurück auf Untersuchungen einerseits von Nernst, andererseits von Haber, über Grenzphasenpotentiale, und stellt die Verwirklichung einer Idee von Ostwald dar, der zum erstenmal die Phasengrenzfläche der Membranen als Sitz der bioelektrischen Potentialdifferenzen ansprach; allerdings unter ganz anderen, quantitativ nicht analysierbaren Grundannahmen.

Wenn man einen Elektrolyten zwischen zwei flüssigen Phasen, kurz bezeichnet als Wasser und Öl, bis zur Erreichung des Gleichgewichts verteilt, so muß im allgemeinen an der Phasengrenzfläche ein Potentialunterschied herrschen. Dies läßt sich thermodynamisch folgendermaßen beweisen. Steckt man in die beiden Flüssigkeiten je eine metallische Elektrode, welche gegen dieselben ein reversibles, eindeutiges Potential haben, und verbindet diese metallisch, so kann kein Strom fließen, da ja alles im Gleichgewicht ist. Nun läßt sich aber beweisen, daß die Differenz der beiden Elektrodenpotentiale im allgemeinen nicht = 0 ist. Folglich muß die Phasengrenzfläche der Sitz eines Potentials sein, welches entgegengesetzt gleich dem Potentialunterschied der Elektroden ist. Dieses Phasengrenzpotential ist gleich der Differenz der elektrolytischen Lösungstensionen der Metallelektroden gegen die beiden Phasen. Aus dieser Grundannahme lassen sich alle Einzelheiten berechnen. Schaltet man zwei derartige Doppelphasen mit verschiedenem Elektrolytgehalt hintereinander, so hat man eine metallfreie, galvanische Kette. Die Analogie mit den physiologischen Erscheinungen besteht darin, daß die wäßrige Phase durch die wäßrige Gewebsflüssigkeit, die Ölphase durch die lezithinartigen Zellmembranen, Häute, Cuticulae der Muskeln, Nerven, Fruchtschalen usw. dargestellt wird. Die Einzelheiten führen weiterhin zu der Annahme, daß diese Ölphase der lebenden Organismen eine organische, schlecht in Wasser, gut in Ölen lösliche Säure enthält. Diese bewirkt, daß, wenn man diese Haut z. B. mit einer Kaliumchloridlösung beliebiger Konzentration in Berührung bringt, nach eingetretenem Verteilungsgleichgewicht die Konzentration der Kaliumionen in der Ölphase fast invariabel ist, wenn man die Kaliumchloridlösung der wäßrigen Phase variiert. Eine solche Elektrode stellt somit eine für Kaliumionen reversible Elektrode dar, aber sie unterscheidet sich von einer metallischen Elektrode dadurch, daß sie nicht nur für Kalium, sondern für alle anorganischen Kationen reversibel ist. Wenn man als Ölmittelleiter z. B. salicylsäurehaltigen Salicylaldehyd benutzt und diesen beiderseits an wäßrige KCl-Lösungen verschiedener Konzentration grenzen läßt, erhält man quantitativ dieselben elektromotorischen Kräfte, als wenn man eine intakte Apfelschale als Mittelleiter zwischen zwei verschiedenen KCl-Lösungen benutzt.

L. Michaelis, Berlin.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Abwehr.

Herr *Lucien Fabre* hat im Verlage von Payot in Paris ein Buch „Les théories d'Einstein“ mit dem Zusatz „Avec une préface de M. Einstein“ herausgegeben. Ich erkläre, daß ich keine Vorrede zu dem Buche geschrieben habe und protestiere gegen diesen Mißbrauch meines Namens. Ich bringe den Protest zu Ihrer Kenntnis in der Hoffnung, daß er aus Ihrer Zeitschrift den Weg in die weitere Öffentlichkeit und im besonderen auch in die Zeitschriften des Auslandes finden wird.

Berlin, 16. März 1921.

Albert Einstein.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 21. Februar 1921 hielt Herr Professor *Alfred Wegener* (Hamburg) einen Vortrag über seine Theorie der Kontinent-Verschiebungen. Während man bisher Horizontalverschiebungen von Teilen der festen Erdkruste nur in kleinem Ausmaß bei gebirgsbildenden Vorgängen, Erdbeben usw. beobachtet hat, nimmt *Wegener* an, daß sich große Kontinentalmassive nebst ihrem untermeerischen Sockel auf weite Strecken hin verschoben haben. Insbesondere sieht er in der Ähnlichkeit der Landumrisse, die an der Ostküste Südamerikas und der Westküste Afrikas bis auf kleine Einzelheiten übereinstimmen, ein Anzeichen für den früheren Zusammenhang dieser beiden Küsten. In ähnlicher Weise lag Nordamerika direkt neben Europa, Antarktika und Australien waren gegen Südafrika geschoben und Vorderindien kam nach Ausglättung der nördlichen Gebirgsfalten neben Madagaskar zu liegen.

Diese Annahme stützte der Vortragende nicht nur durch eine ganze Reihe von einleuchtenden Gründen, sondern er zeigte auch, wie zahlreiche, bisher noch nicht gelöste Probleme der physischen Geographie durch die Annahme seiner Verschiebungstheorie in zwangloser Weise ihre Erklärung finden. Da eine ausführliche Darstellung der Theorie in einem besonderen Werke zur Veröffentlichung gelangt ist¹⁾, so mag hier ein kurzer Hinweis auf einige Einzelheiten genügen.

In geophysikalischer Hinsicht haben wir uns vorzustellen, daß die äußere Haut des eigentlichen Erdkörpers eine im wesentlichen aus Aluminiumsilikaten (Sial nach *Eduard Sueß*, Sial nach *Alfred Wegener*) bestehende Gesteinskruste darstellt, die Lithosphäre, der die Kontinente nebst ihren untermeerischen Sockeln angehören, welche letztere sich als sogenannter Schelf auch untermeerisch über die Küste hinaus fortsetzen und von der küstennahen Flachsee (Schelfmeer) überschwemmt werden. Diese spezifisch leichteren (Dichte = 2,8) Kontinentalschollen des Sial schwimmen gewissermaßen auf dem etwas schwereren (Dichte = 2,9) Material der Tiefengesteine, der Barysphäre, deren Hauptbestandteil Magnesiumsilikate (Sima) sind. Das Sima bildet den Boden der Tiefsee. Die Lithosphäre umspannt also nicht, wie bisher angenommen wurde, den ganzen Erdkörper, sondern bedeckt, in Gestalt der Kontinentalschollen, nur etwa ein Drittel der Erdoberfläche, während in den Tiefseeböden die Barysphäre entblößt ist.

Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme ergibt sich aus der Verteilung der Höhenstufen der festen Erdrinde, die zwei sehr scharf ausgeprägte Häufigkeits-

maxima bei 100 m über und 4700 m unter dem Meerespiegel aufweist. Es handelt sich also offenbar um zwei verschiedene Niveauebenen, die beide nebeneinander vorkommen und zwei verschiedenen Schichten des Erdkörpers, der Lithosphäre und der Barysphäre, entsprechen. Unsere bisherigen Erfahrungen stimmen mit dieser Auffassung überein. Schwerere vulkanische Gesteine sind in den Ablagerungen der Tiefsee nachgewiesen worden. Auch darf man annehmen, daß das Sima, in dem eisenhaltige Basalte vorherrschen, stärker magnetisch ist als die Lithosphäre. Dies paßt gut zu dem von *H. Wilde* gebauten magnetischen Modell der Erde, bei welchem die größte Annäherung an die wirkliche Verteilung des Erdmagnetismus dadurch erzielt werden konnte, daß die Ozeanflächen eines Globus mit Eisenblech belegt wurden. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der oberflächlichen Erdbebenwellen, die mit der Dichte des Gesteins zunimmt, ist neuerdings von *Tams* zu 3,7 km p. s. in den Kontinentaltafeln, zu 3,8 in den Ozeanböden festgestellt worden. Wenngleich hier die Sicherheit des Resultates noch zu wünschen übrig läßt, so ist doch der Sinn der Abweichung günstig für die Verschiebungstheorie.

Zu diesen geophysikalischen Argumenten gesellen sich *geomorphologische*. Von der Natur der Faltungskräfte entwirft die Theorie ein ganz neues Bild. Da die Lithosphäre nicht mehr die ganze Erde umspannt, sondern in einzelnen Schollen auf der nachgiebigen Barysphäre schwimmt, so kann auch von einem Gwölbedruck im Sinne der alten Schrumpfungshypothese nicht mehr die Rede sein. Die Auffaltung der Gebirge erfolgt vielmehr durch die Verschiebungskräfte. Deshalb treten Faltungen vorzugsweise an demjenigen Rande der Schollen auf, der in der Verschiebungsrichtung der vordere ist, während sich an der Rückseite Randketten ablösen und in dem Sima dadurch stecken bleiben, daß sie den großen Kontinentalschollen wegen des relativ größeren Stirn Widerstandes nicht mit gleicher Geschwindigkeit folgen können. Die Wanderung dieser großen Schollen aber ist vorzugsweise nach Westen gerichtet, und so sehen wir z. B. am Vorderrand der amerikanischen Scholle das Andengebirge aufgefaltet, an der Rückseite des asiatischen Kontinents dagegen die gürtenförmigen ostasiatischen Inselbögen sich von dem Festlande lösen. Auch der zerrissene lithosphärische Lappen Hinterindiens und der Sundainseln bleibt nach Osten zurück, und die Südspitze Amerikas im Verein mit der gegenüberliegenden Nordspitze Antarktikas kann geradezu als Illustration für die Plastizität dieser Deformationen dienen.

Geologische Beweise finden sich namentlich im Bereich der großen atlantischen Spalte, die zuerst im Süden aufriß und schließlich zu einem völligen Auseinanderziehen der beiden Kontinentalmassen führte. Für die Richtigkeit des früheren direkten Zusammenhanges sprechen eine große Reihe tektonischer Züge im beiderseitigen Bau. Insbesondere ist beachtenswert, daß die Fortsetzungen immer gerade an der Stelle liegen, wo auch die Konturen der Küstenumrisse die Zusammensetzung erfordern. Die kaledonische Faltung in Skandinavien und Nordengland findet ihre Fortsetzung in dem nordamerikanischen Appalachengebirge, das Armorikanische Gebirge von karbonischem Alter in Mitteleuropa schließt sich unmittelbar an die Kohlenlager Nordamerikas an, und auch die Endmoränen der großen diluvialen Inlandeiskappen Nordamerikas und Europas passen lückenlos aneinander. Auch weiter im Süden entsprechen sich die nordöstliche Streichrichtung im Norden der beiden Südkontinente wie die nördliche Streichrichtung in deren südlichen

¹⁾ Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Von *Alfred Wegener*. 2. Auflage. (Die Wissenschaft, Bd. 66.) Braunschweig 1920. VIII u. 135 Seiten.

Teilen, und die karbonische Faltung des Kaplandes findet sich in den Sierren südlich von Buenos Aires wieder.

Die biologischen und paläontologischen Beziehungen zwischen der Ost- und der Westseite des Nordatlantischen Ozeans, zwischen Südafrika und Indien, bzw. Australien einerseits, Südamerika und Antarktika andererseits, sprechen ebenfalls für die Theorie. Der Vortragende wies nach, daß die, namentlich von biologischer Seite häufig angenommenen Landbrücken nicht nur ihren Zweck nicht erfüllen, sondern auch vom physikalischen Standpunkt aus unhaltbar sind, da die Senkung solcher „Brückenkontinente“ um mehrere Kilometer mit dem als richtig nachgewiesenen isostatischen Gleichgewicht unvereinbar wäre. Dagegen werden diese Schwierigkeiten in einfacher Weise behoben durch eine Angliederung aller südhemisphärischen Kontinentalmassen an Südafrika.

Damit ist auch für die Eiszeit der Südhalbkugel zur Permokarbonzeit eine neue Deutung gegeben. Hier liegen die gleichzeitigen Eiszeitspuren über ein so weites Gebiet zerstreut (Brasilien, Südafrika, Indien, Australien), daß es nicht möglich ist, eine Lage des damaligen Südpols zu konstruieren, die eine annehmbare Erklärung des Eiszeitphänomens gestattet. Die von Wegener für die Karbonzeit angegebene Lage der Kontinentalschollen dagegen ist wohl geeignet, dieses Rätsel zu lösen.

Er bekennt sich damit als ein Anhänger der Lehre von den Wanderungen der Erdpole, wobei er sich namentlich auf *Schiaparelli* stützt. Der Grund, weshalb die Annahme von Polwanderungen so wenig Anklang gefunden hat, lag darin, daß man immer auf Schwierigkeiten stieß, sobald man versuchte, sie für geologische Zeiträume durchzuführen, weil man die Lage der Kontinente zueinander als unveränderlich betrachtete.

Wie man nun aber auch über die Verschiebungstheorie denken möge, einen großen Vorzug hat sie vor allen ähnlichen Annahmen voraus, nämlich die Möglichkeit der genauen Nachprüfung durch astronomische Ortsbestimmungen. Wenn, wie der Vortragende annimmt, die Verschiebungen noch gegenwärtig andauern und nach seiner Berechnung am größten zwischen Europa und Grönland sind, nämlich 18 bis 36 m pro Jahr, dann muß diese Zunahme der Entfernung zwischen beiden Landmassen sich bereits in wenigen Jahren durch eine entsprechende Veränderung in der Differenz ihrer geographischen Koordinaten bemerkbar machen. Die astronomischen Messungen der dänischen Grönlandexpedition, die unter der Leitung von J. P. Koch 1906 bis 1908 die Ostküste dieses Landes erforschte, haben nun tatsächlich eine Vergrößerung der Längendifferenz ergeben, die einem Abschwimmen Grönlands nach Westen um 1190 m seit dem Jahre 1870, d. i. 32 m pro Jahr entspricht.

Die Darlegungen des Vortragenden wirkten auf die überaus zahlreich erschienenen Zuhörer außerordentlich überzeugend, und der kunstvolle Aufbau seiner Theorie, die mit einem Schlage eine ganze Reihe von Rätseln der Erdgeschichte in höchst einfacher und origineller Weise zu erklären gestattet, fand allgemeinen Beifall.

Die Neuartigkeit der ganzen Auffassung des Vortragenden, die eine völlige Umwälzung der hergebrachten Anschauungen erfordert, brachte es naturgemäß mit sich, daß bei aller Anerkennung der wissenschaftlichen Bedeutung der Theorie in der anschließenden Be-

sprechung manche Bedenken laut wurden und manche Stimmen zur Vorsicht mahnten. Dies gilt besonders von den Ausführungen der drei in dem Programm vorgesehenen Korreferenten, Professor Schweydar (Potsdam), Professor Koßmat (Leipzig) und Geheimrat Penck (Berlin), die vom geophysikalischen, geologischen bzw. geographischen Standpunkte aus zu den Ausführungen des Vortragenden Stellung nahmen. Wenn auch manche dieser Einwendungen zu Recht bestehen mögen, und manche Beweise noch fester fundiert werden müssen, bevor sie auf rückhaltlose Anerkennung rechnen können, so darf man doch das Gesamtergebnis der Tagung dahin zusammenfassen, daß keine sicher bewiesenen Tatsachen direkt gegen die Wegenersche Theorie sprechen. Bestehend ist zweifellos ihre große Klarheit und Einfachheit, die ihr andauernd zahlreiche neue Anhänger zuführt.

O. Baschin.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

Am 19. Februar hielt Prof. Dr. Alfred Wegener (Hamburg) einen Vortrag über die Klimate der Vorzeit. Zum Verständnis der Paläoklimatologie muß man zunächst die jetzigen Klimagebiete scharf charakterisieren. Am besten eignet sich dazu nach entsprechender Vereinfachung die Köppensche Klimakarte (Petermanns Geogr. Mitt. 1918, S. 198), deren wichtigste trennende Merkmale Eisgebiete, Baumgrenzen, Grenzen des Eisbodens und des Schneewaldes, Wüsten- und Steppengebiete, Korallengebiete sind. In diesen Klimagrenzen ist eine zonale Anordnung nach der geographischen Breite unverkennbar, desgleichen überwiegt in der Wärmeverteilung auf der Erde der Breiten einfluß so stark den Längeneinfluß (Unterschied von Land und Meer), daß man das Breitengesetz als das Hauptglied der Klimateinteilung ansehen muß, und daß die Wirkungen von Wasser und Land nur den Charakter von Störungen dieses Gesetzes haben. In der Vorzeit ist es anscheinend ebenso gewesen, und ein vorzeitliches Klima ist daher am besten durch Einordnung in die ihm zugehörige Breite zu kennzeichnen. Hieraus ergibt sich dann der Gang der weiteren Untersuchung. Aus den aufgefundenen Zeugen früherer Klimate (Grundmoränen und Eisschliife, verschiedenen Floraformen, fossilfreien Wüstensandsteinen, Salzlagern, Korallen u. dgl.) erkennt man, daß ganz gewaltige Klimaänderungen vorgekommen sind. Das Hauptinteresse konzentriert sich darauf, die Ursache für solche Schwankungen zu ergründen.

Wenn die zahlreichen Erklärungsversuche für diese Klimaänderungen nicht befriedigend ausgefallen sind, so liegt das nach Ansicht des Vortragenden daran, daß man meist nur eine einzige Ursache angenommen hat, während wahrscheinlich mehrere Einflüsse zu berücksichtigen sind. Er besprach daher kurz elf anscheinend überhaupt nur mögliche Einwirkungen, welche Klimawechsel hervorrufen könnten. Es sind dies: 1. Polwanderungen, 2. Kontinentalverschiebungen, 3. Land- und Wasserverteilung, 4. Änderung der Schiefe der Ekliptik, 5. Schwankungen der Exzentrizität der Erdbahn, 6. Schwankungen der Präzession, 7. Änderung der Eigenwärme der Erde, 8. Änderung der Sonnenstrahlung, 9. Änderung der Weltraumstrahlung, 10. Änderung von Absorption und Emission der Erdwärme, 11. Kultureinflüsse. Nach Herrn Wegener sind 1. bis 3. die Hauptursachen, jedoch behielt er sich ein

näheres Eingehen hierauf für einen Vortrag in der Gesellschaft für Erdkunde vor. Die Ursachen 4 bis 6 kann man als astronomische bezeichnen; sie sind — in geologischem Sinne — kurzperiodisch. Änderung der Schiefe der Ekliptik kann namentlich in polaren Gegenden Abweichungen der Temperatur von 5 bis 6° hervorrufen, der Einfluß von 5. ist anscheinend geringer als der von 4., während die Präzession hauptsächlich Einfluß auf die Länge der Jahreszeiten hat. Die Einflüsse 7. bis 11. wurden als problematische bezeichnet, Nr. 7, 10 und 11 sind wahrscheinlich für stärkere Klimaschwankungen zu wenig ergiebig; Änderungen von Sonnen- und Weltraumstrahlung sind unkontrollierbare Möglichkeiten.

Um zum Verständnis der Klimate der Vorzeit zu kommen, schlug der Vortragende vor, für jede größere geologische Zeitperiode die Lage der Kontinentalschollen auf einem Globus zu rekonstruieren. Als Ausgangspunkt diente hierbei Afrika, und es ergab sich, daß sich das Heranschieben und Vergrößern der Kontinente (zur Ausgleichung der Falten) ohne größeren Spielraum ausführen ließen. Als dann wurden die Pole konstruiert, Land- und Wasserverteilung und die für verschiedene Breitengrade gültigen Klimazonen eingetragen. Statt der Einheit der Zeiten kann man auch die Einheit des Ortes, z. B. Mitteleuropa, zugrunde legen. An dem zuletzt genannten Beispiele zeigte der Vortragende die Fruchtbarkeit dieser Methode. Sü.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Geographisches aus Amerika. (Nach dem „Record“ und den „Reviews“ der Geographical Review New-York, Januar bis Juni 1920.) Über bedeutende Schneefälle in den Nordoststaaten der Union, ihre Störungen des Eisenbahnbetriebes und ihre Abwehr berichtet R. Ward. Die Mächtigkeit des Schnees erreichte häufig 10 m, in Tälern das Doppelte. Geringe Anhäufungen beseitigen die an den Lokomotiven angebrachten Stoß- und Rotationspflüge. Bis zu einer Höhe von 6 m halten den Schnee unter bedeutenden Kosten angelegte, ausgedehnte Schutzwände auf; bei größerer Mächtigkeit muß er mit der Hand abgeschaufelt werden. Da die Schutzwände aus Holz bestehen, steigern sie die ohnehin große Feuergefahr und machen eine dauernde umfangreiche Löschbereitschaft erforderlich. — Nach demselben Berichterstatter ist die wiederholt aufgeworfene Frage, ob die Kultivierung der Prärien von steigendem Einfluß auf die Niederschläge ist, nunmehr zu verneinen, desgleichen die Möglichkeit, die voraussichtliche Niederschlagsmenge auf Grund des vorjährigen Betrages annähernd zu schätzen. — Auch teilt er mit, daß die Zahl der Gewitter in Panama größer als an jeder anderen Küstenstrecke und als an irgendeinem Punkte der Union ist. Ihre mittlere Zahl im Jahre beträgt 100—140. Sie ereignen sich hauptsächlich nachmittags. Der Schaden an Leben und Eigentum ist gering, weil die Blitze meist von Wolke zu Wolke gehen und die Erde nicht erreichen, weil die gefährdeten Höhenlagen unbesiedelt und die atmosphärischen Bedingungen einem raschen Ausgleich günstig und der Entstehung bedeutender Spannung hinderlich sind.

Neue Niederschlagskarten für die Vereinigten Staaten, beruhend auf Beobachtungen von 1600 Stationen während der Jahre 1895—1914, wurden von B. Kincer herausgegeben. Sie beweisen unter anderem,

daß der jährliche Regenfall in der Union drei Haupttypen unterliegt, einem pazifischen mit einem Wintermaximum, einem Prärietypus mit einem Maximum im Spätfrühjahr und Frühsommer und einem örtlichen mit annähernd gleichmäßiger Verteilung. — Am Mt. Rainier (4378 m) im Kaskadengebirge (nahe Tacoma) wurde 1917 die Gesamtschneemenge des Winters in 1800 m Höhe mit 31 m gemessen. Diese Zahl stellt einen Rekord vor, der nur einmal übertroffen worden ist, nämlich am Mt. Tamarack in Kalifornien, wo 1906/7 35 m festgestellt worden sind. Der Winter war keineswegs besonders schneereich, noch war der Beobachtungsort eine Steigerung des Niederschlags besonders günstig. Man erwartet, in größerer Höhe noch höhere Beträge zu finden.

Eine Zusammenstellung der amerikanischen Naturschutzgebiete gibt R. S. Yard, der Leiter der Unterichtsabteilung des „Natural Park Service“, in „The book of the National Parks“, New York 1919. Es enthält Beschreibungen und Erläuterungen nicht nur der bekannten großen ursprünglich erhaltenen Reste der Natur Nordamerikas einschließlich Hawaiis, sondern auch zahlreicher verstreuter Denkmäler der Natur und Eingeborenenkultur, Naturbrücken usw., vorgeschichtliche Fundstätten, Höhenwohnungen und Höhlenstädte, indianische Bauwerke u. dgl.

Einen erheblichen Fortschritt der einschlägigen Literatur bedeutet das Buch Millers und Singewalds „The Mineral deposits of South America“, New York 1919, welches zum ersten Male das ganze Material in einem umfangreichen Werke zusammenfaßt.

Das Problem der „japanischen Invasion“ stellt J. F. Steiner in einer rassepsychologischen Studie dar. Der Gegensatz zwischen Amerika und Japan ist nicht, wie die Diplomaten beider Länder sich gegenseitig versichern, ein wirtschaftlicher, sondern er liegt in der Verschiedenheit der Rassen begründet und ist auf beiden Seiten ganz allgemein und in gleicher Schärfe vorhanden. Das zeigt sich besonders in der beiderseitigen Verachtung der unglücklichen, aus den seltenen Mischungen hervorgehenden Kinder. In Kalifornien bewirkt der Rassenhaß die Absonderung und den Zusammenschluß der gelben Einwanderer, die schon in volksgesundheitlicher und in wirtschaftlicher Hinsicht — als billige anspruchlose Arbeiter — eine Gefahr bilden; er macht sie zu einem Fremdkörper im Staate, der, der Union feindlich, sich um so stärker auf die Heimat stützt. Die Tatsache, daß die Abkömmlinge der Einwanderer gesetzlich amerikanische Staatsbürger sind, andererseits aber vom Mikado als Untertanen angesehen und zum Heeresdienste herangezogen werden, erhöht die Spannung. „Mit Rücksicht auf die öffentliche Meinung in Amerika“ wagt die Regierung nicht, den Zuzug der Japaner gesetzlich zu verhindern. Umgekehrt betrachtet es Japan als „Ehrensache“, durch möglichste Einschränkung der Auswanderung der Frage ihre Schärfe einigermaßen zu nehmen. Zur Beseitigung dieses unerträglichen und gefährlichen Zustandes rät der Verfasser, die gegenwärtige Politik der Halbheit und Unentschlossenheit aufzugeben und — Japan zu veranlassen, zur Förderung der gegenseitigen Achtung nur beste Rassevertreter nach Amerika zu entsenden.

Die Tätigkeit amerikanischer Forschungsreisender erstreckte sich in jüngster Zeit hauptsächlich auf die polaren Regionen Nordamerikas — die Polarländer erfreuen sich gegenwärtig in Amerika überhaupt starker Anteilnahme —, auf den Orient, China und auf die indische und pazifische Inselwelt. — Unter den

Veröffentlichungen treten rein wissenschaftliche — über die, soweit sie einschlägig und wichtig sind, in den *Naturwissenschaften* regelmäßig berichtet wird — auffallend zurück gegenüber angewandte wissenschaftlichen. In erster Reihe stehen die augenblicklichen politischen Zustände, denen eine Flut von Aufsätzen, Büchern, Karten und selbst mehrbändigen Werken gewidmet wird. Dann folgen Schriften, die sich mit den vom Kriege herbeigeführten Veränderungen der Weltwirtschaft und — eine Folge des Weltrohstoffhungers — mit den Wirtschaftsquellen großer Gebiete, vornehmlich Amerikas, mit ihren äußersten Möglichkeiten und mit den Mitteln ihrer vollen Ausbeutung beschäftigen. Eine gewaltige Zunahme weist die militärgeographische Literatur gegenüber 1914 auf. — Im ganzen steht das geographische Leben stark unter dem Einflusse der Kriegs- und Nachkriegsereignisse, und es hat nicht den Anschein, als ob es sobald wieder in die fruchtbringendere Bahn unvoreingenommener rein wissenschaftlicher Tätigkeit zurückkehren wird. Im Gegenteil erweckt die genannte Literatur den Eindruck, als ob man sich auf künftige Ereignisse einzustellen, sich auch wissenschaftlich zu mobilisieren sucht. Ein Aufsatz *Dryers* (Märzheft S. 205), in dem vom kommenden „real Armageddon“, dem wahren Weltkriege, und von der ausschlaggebenden Rolle Amerikas in diesem Kampfe „der Kinder des Lichtes“ gegen die „von Deutschland bis Japan“ organisierten „Mächte der Finsternis“, des „barbarischen Kernes der alten Welt“ die Rede ist, und andererseits eine gewisse, schlecht verborgene Feindseligkeit gegen England (*Gibbons* im Februarheft S. 145) deuten an, welchen Vorstellungen man sich in dieser Hinsicht hingibt. Die Beziehungen zur deutschen Wissenschaft sind insofern wieder angeknüpft, als deutsche Literaturerscheinungen sachliche Würdigung erfahren. Im übrigen aber macht sich eine feindselige Tonart noch immer häufig genug geltend. Wie schon das Beispiel *Dryers* lehrt, steigert sie sich bisweilen zu Beschimpfungen — zum Schaden des Ansehens der amerikanischen Wissenschaft.

B. Brandt.

Die sächsischen Erdbeben während der Jahre 1907 bis 1915 hat *F. Etzold* im 36. Bd. d. Abhdlgen. d. math.-phys. Kl. der sächs. Ges. d. Wissensch. 1919 einer umfangreichen Darstellung unterzogen (S. 217—428). Innerhalb der genannten Zeit sind in Sachsen an 106 Tagen Erdbeben gefühlt worden. Die sächsischen Erderschütterungen sind zunächst von *H. Credner* besonders bearbeitet worden, *C.* hat zur intensiveren Beobachtung eine Erdbebenkommission ins Leben gerufen. Die Anteilnahme der Bevölkerung in Sachsen an den Erdbebenbeobachtungen ist sehr groß. Für die Schütterperiode im Herbst 1908 wurde z. B. ein Beobachtungsmaterial gesammelt, das einen Zettelkatalog von 5370 Einzelzetteln umfaßte. Nach *Credners* Tod hat *Etzold* diese Bebenbearbeitung übernommen.

In der vorliegenden Arbeit werden in möglichst großem Umfang die Originalbeobachtungen mitgeteilt, was leider nicht oft geschieht, so daß meist der Leser von der Auffassung des Bearbeiters der Beobachtungen abhängig wird. Anschließend an größere Beobachtungsgruppen bringt der Verfasser ferner Betrachtungen, die zur Geologie des Beobachtungsgebietes in Bezug stehen. Vor allem treten hierbei die Beziehungen zwischen beobachteter Bebenstärke und der geologischen Beschaffenheit des betreffenden Gebietes hervor; besonders macht er auf die Wirkungen des Untergrundes und der Dislokationen aufmerksam. Solche Beziehun-

gen sind dem Seismologen zwar bekannt und nicht überraschend, in dem vorhandenen Beobachtungsmaterial sind aber doch oft besonders auffallende Tatsachen bemerkbar. Auch durch das süddeutsche Beben am 16. November 1911 ist ganz Sachsen den Menschen fühlbar erschüttert worden, und zwar stärker „als jemals durch die am Ort ihrer Entstehung Furcht und Schrecken erregenden vogtländischen Erdstöße“. Nach dem Verfasser ist von besonderer Bedeutung der Umstand, daß in Sachsen kurz vor und nach dem Hauptstoß am 16. November 1911 Erdstöße beobachtet worden sind, die aber nicht mit den in Süddeutschland beobachteten Vor- und Nachbeben zeitlich zusammenfallen, „mit größter Wahrscheinlichkeit ist aber ein kausaler Zusammenhang zwischen dem süddeutschen Hauptstoß und zum mindesten den aus dem chronischen vogtländischen Schüttergebiet, also aus Adorf und Asch, gemeldeten Erdstößen anzunehmen, es dürften insbesondere diejenigen, welche sich dort nach dem 16. November um 23^h ereigneten, als durch jenen Hauptstoß ausgelöst zu gelten haben“.

Von ganz besonderem Interesse ist der Abschnitt „Seismogenetische Erörterungen“, in denen er zunächst über eigene Erdbebenbeobachtungen berichtet, eine Charakteristik der vogtländischen Erdstöße gibt und im letzten Unterabschnitt zur Frage über Wesen und Ursache der vogtländischen Erdbeben Stellung nimmt. Auf Grund eigener Beobachtungen bezeichnet *Etzold* die vogtländisch-erzgebirgischen Erderschütterungen als Erscheinungen, „die unter lautem Geräusch auf Linien fortschreiten und beiderseits der letzteren den Boden in rasche Zitterbewegungen versetzen“. Dieser lineare Verlauf der Erschütterungen ist nach *Etzold* für die Erkenntnis ihres Wesens und ihrer Ursache von größter Bedeutung. Bei jedem vogtländischen Schwarmbeben denken bekanntlich Laien an vulkanische Beben und weisen auf bevorstehende Ausbrüche der Vulkane Kammerbühl und Eisenbühl hin. Nach den bisherigen Beobachtungen ist aber bei solchen Beben die in fühlbarer Weise erschütterte Fläche nicht sehr groß. Z. B. wurde durch die Explosion des Bandaisan 1888 nur ein Areal von 5000 qkm erschüttert, demgegenüber steht die gelegentlich der vogtländischen Beben den Menschen fühlbar bewegte Fläche von 40 000 qkm.

Schon bei der ersten Publikation über die vogtländischen Erdstöße ist 1876 *H. Credner* für deren tektonische Natur eingetreten, die „zu erklären sein dürften als Äußerungen der Gebirgsentstehung und unterirdischen Spaltenbildung in Folge seitlichen Drucks“. Später, auf Grund weiterer Beobachtungen, fügte *Credner* seiner Auffassung ergänzende Erklärungen zu; es scheint, daß er sich über die Ursächlichkeit der vogtländischen Beben nicht recht schlüssig werden konnte. *Gümbel*, *Becke*, *Knett*, *Th. Brandes*, *Koßmat*, *Lohrmann*, *Jacobi* nehmen als Ursache dieser Beben tektonische Vorgänge an. Dieser Erklärung tritt *Etzold* nicht bei und hält eine andere Anschauung für die richtigere.

Nach *Etzolds* eigenen Beobachtungen machten sich die vogtländischen Erderschütterungen im Herbst 1908 im Epizentralgebiet „durch rasches Fortschreiten auf einer Linie, durch den rasselnden, sich gleichsam überstürzenden Donner und durch die rüttelnden Bodenbewegungen auf und zu Seiten der Propagationslinie“ bemerkbar. „Danach kann man bei diesem seismischen Phänomen nur an einen Spaltenaufreißungsprozeß bzw. an den Beginn eines solchen den-

ken und wird als nächstverwandte Erscheinungen an die Bergschläge sowie an das knallende und schreiende Gebirge erinnert". In den folgenden Zeilen führt *Etzold* entsprechend der Bergschläge und verwandte Erscheinungen behandelnden Arbeit von *Rzechak* mehrere Beispiele an, die an den Verlauf der vogtländischen Erdbeben erinnern, und auch *Rzechak* bemerkt in der *Ztschr. f. prakt. Geologie* 1906, „daß die Bergschläge zu einem der wichtigsten geodynamischen Phänomene hinleiten, nämlich zu den ‚tektonischen‘ Erdbeben“. Als Ursache für die Bergschläge werden auf verschiedene Weisen zustande gekommene Spannungen angenommen, deren Auslösung „zu einer Riß- oder Spaltenbildung unter mehr oder minder lautem, krachendem Geräusch“ führt. In „Kohle und Erz“ 1920 beschäftigt sich *J. Schlesiona* in zwei Aufsätzen mit ähnlichen in Kohlenflözen auftretenden Spannungen. Für das Auftreten bergschlagartiger Erscheinungen ist festes gesundes Gestein Vorbedingung. *Etzold* bringt noch weitere Erhebungen, die seine Annahme stützen. Einige von ihm angeführte Erfahrungen hat Referent gelegentlich der vogtländischen Erdbeben 1908 dort auch selbst gemacht. Zur weiteren Klärung der Frage über das Entstehen der genannten Beben stellt *E.* ein Arbeitsprogramm auf. *Mainka.*

Neue Polarlichtforschungen in Norwegen. Seitdem der Franzose *A. Bravais* vor acht Jahrzehnten seine klassischen Studien über das Nordlicht zu Bossekop im norwegischen Finnmarken angestellt hat, ist dieser Ort ein Dorado für Nordlichtforschungen geworden. Insbesondere ist es schon 1910 Professor *Carl Störmer* in Kristiania gelungen, zahlreiche Photographien dieser eigenartigen Lichterscheinung in Bossekop aufzunehmen und die photogrammetrische Methode zur Bestimmung ihrer Höhe anzuwenden. Diese Arbeiten hat der unermüdlche Polarlichtforscher weiterhin noch in Kristiania fortgesetzt; er hat ein außerordentlich reichhaltiges photographisches Material zusammengebracht, dessen wertvollster Teil aus paarweisen Aufnahmen besteht, die gleichzeitig an den Enden von Standlinien aufgenommen wurden, deren Länge 27 bis 100 km beträgt, so daß die Genauigkeit der Höhenbestimmungen außerordentlich groß ist. Wir entnehmen den neuesten Veröffentlichungen *Störmers*¹⁾ folgende Einzelheiten, die von allgemeinem Interesse sein dürften.

Ein am 4. Oktober 1919 bei Kristiania photographierter Nordlichtstrahl reichte von 140 bis zu 410 km Höhe, hatte also eine Mindestlänge von 270 km. Er stand im Zenit einer mehr als 300 km weiter nordnordöstlich gelegenen Gegend des mittleren Schweden. Eine am 17. Oktober 1919 aufgenommene Draperie reichte von 100 bis 270 km Höhe und befand sich 550 km nördlich von Kristiania.

Besonders reiche Ausbeute jedoch lieferte das große Nordlicht vom 22. bis 23. März 1920, das in großen Teilen der nördlichen Halbkugel, z. B. in Paris, Nord-

amerika usw. gesehen wurde. Sieben norwegische Stationen, die telephonisch miteinander in Verbindung standen und 26 bis 224 km voneinander entfernt lagen, lieferten in neunstündiger Arbeit 620 Photographien, von denen 73 an zwei, 50 sogar an drei Stationen gleichzeitig aufgenommen waren. Ihre Auswertung ergab als überraschendes Resultat Maximalhöhen der Strahlen von der Größenordnung 500 km. Eine große Zahl dieser Strahlen bildeten eine sogenannte Nordlichtkrone, d. h. sie vereinigten sich scheinbar im magnetischen Zenit, so daß es gelang, auch die Position dieses Radiationspunktes mit großer Genauigkeit zu bestimmen. In seinen Veröffentlichungen reproduziert *Störmer* sechs Photographien solcher Nordlichtkronen, die natürlich nicht imstande sind, einen Begriff von der grandiosen Pracht dieser seltenen Naturerscheinung zu geben, deren unbeschreibliche Schönheit ausdrücklich hervorgehoben wird. Die Strahlen, welche die Krone bildeten, hatten eine blaue bis violette Farbe.

Die normale gelbgrüne Spektrallinie fand *Störmer* bei der Nordlichtkrone nur schwach entwickelt und wenig hervortretend. Diese Beobachtung dürfte jedoch auf eine subjektive Beeinflussung durch die überaus hellen Linien in den anderen Teilen des Spektrums zurückzuführen sein, die ich schon 1892 bei Nordlichtkronen häufig mit großer Intensität aufblitzen oder längere Zeit verweilen sehen konnte²⁾. *Störmer* sah ebenfalls eine Menge Spektrallinien, jedoch vornehmlich in dem blauen und violetten Teil des Spektrums, die ihm auf Wasserstoff oder Helium zu deuten scheinen.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß zu dem gleichen Termin, an dem die blauen Strahlen der Nordlichtkrone bei Kristiania auftraten, das Nordlicht auch in den Vereinigten Staaten von Amerika, wo es an mehr als hundert Stationen beobachtet wurde, seine größte Intensität erreichte. *O. Baschin.*

Asthma, Heuschnupfen und verwandte Erscheinungen. (*Francis M. Rackemann*, Med. clin. of North-America Bd. 3, Nr. 4, S. 1065—1076, 1920.) Heuschnupfen, Asthma, Urticaria und neben diesen drei wohlcharakterisierten Typen auch noch einige Manifestationen des Magendarmkanals (gewisse Formen von Erbrechen, Leibschmerzen) und der Haut, ferner das angioneurotische Ödem sind in den letzten Jahren allgemein (amerikanische und englische Literatur) als Zeichen einer Überempfindlichkeit gegen bestimmte Eiweißarten, als anaphylaktische Reaktion angesehen worden. Die Grundlagen dieser Ansicht beruhen auf drei Tatsachen. 1. Die genannten Erkrankungsformen stehen in gesetzmäßigen Beziehungen zu Proteinkörpern, mit denen Erkrankte durch Einatmung, Nahrungszufuhr usw. in Berührung kommen. 2. Die gleichen Proteinkörper bewirken nach Stich oder Auftröpfelung eine heftige, Haut- bzw. Schleimhautreaktion. 3. Mehrfache Injektionen dieser fremden Eiweißsubstanzen bringen die klinischen Erscheinungen zum Schwinden. — Bei Betrachtung der Krankheitssymptome, in Anbetracht der minimalen Mengen Eiweiß, die schon Erscheinungen veranlassen, erinnert die Sensibilisierung der Asthmatiker, Heufieberkranken usw. gegen gewisse Eiweißsorten von selbst an die Anaphylaxie des Meerschweinchens. Jedoch be-

¹⁾ Situation, dans l'espace de quelques aurores boréales. Bulletin de la Société Astronomique de France, Paris 1920, avril, 7 pag. 3 diagrammes, 6 photographies, 1 carte. — L'Aurore Boréale le 22—23 Mars 1920. Astronomische Nachrichten, 1920, Band 211, Juni, Nr. 5047, Spalte 131—136. — Sur quelques rayons auroraux observés le 22 mars 1920 et atteignant l'altitude de 500 km. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 1920, Tome 171, Séance du 13 septembre, 1 pag. — Nogle fotografier af Nordlyskronen om morgenen den 23. marts 1920 taget fra Bygdø ved Kristiania. Nordisk Astronomisk Tidsskrift, København, 1920, Bind 1, No. 4, 4 pag, 6 fotografier.

²⁾ *Otto Baschin*, Die ersten Nordlichtphotographien, aufgenommen in Bossekop (Lappland). Meteorologische Zeitschrift, Wien, 1900, Bd. 17, S. 278—280. Tafel IV.

stehen zwischen Tieranaphylaxie und Überempfindlichkeit des Menschen vor allem zwei Unterschiede.

1. Beim Menschen fehlt die Zeit — oder sie ist wesentlich kürzer — des Schutzes, die beispielsweise nach der zweiten Pferdeseruminjektion beim Meerschweinchen nach dem anaphylaktischen Shock 10 Tage anhält. Es fehlen also die Zeichen der Antianaphylaxie.
2. Beim Menschen begegnen wir natürlichen, angeborenen Überempfindlichkeiten, wahrscheinlich hereditären Ursprungs, die nicht auf eine Eiweißsubstanz beschränkt, sondern multipel ist. Beim Tier kennen wir nur eine künstliche Sensibilisierung und diese ist immer streng spezifisch. Auch die künstliche Sensibilisierung des Menschen — Serumkrankheit — ist rein spezifisch. Bei der letzteren lassen sich auch bekanntlich Antikörper feststellen, während trotz vieler Mühen bei den Überempfindlichkeitserscheinungen der Heufieberkranken, Asthmatiker usw. keine Antikörper oder Ähnliches bis jetzt gefunden werden konnten. Die anaphylaktische Natur der Krankheitsformen ist somit noch keineswegs absolut sichergestellt. Doch bringt diese Theorie bezüglich Diagnose und Behandlung einen unverkennbaren Fortschritt mit sich. — In der Arbeit folgen längere Erörterungen — teilweise an der Hand von Fällen — vorwiegend klinischen und kaum physiologischen Interesses die Diagnose und Therapie betreffend, aus denen folgendes noch hervorgehoben sein mag. Nur eingehende Anamnesen der Familien- und Krankheitsgeschichte vermögen die Ursachen von Asthma usw. aufzuklären. Da, wo diese versagen oder nur unvollkommen zum Ziele führen, geben diagnostische sub- und intrakutane Reaktionen nach Injektion bzw. Impfung mit verschiedenen Eiweißarten Antwort auf die Frage nach der Ätiologie des Leidens. Die Liste der hierzu gebrauchten Proteine lautet auf Grund der Erfahrung des Verf.: Gräser, Pferdehaare, Weizenspreu, Hühnereweiß, Gänsefedern, Fleisch- und Fischsorten unserer Nahrung. Die Behandlung besteht in Vorschriften zur Vermeidung des ätiologischen Faktors oder aber in Entsensibilisierung durch wiederholte Injektionen der diagnostisch festgestellten Eiweißart. Die Injektionen sind mit sehr kleinen Mengen zu beginnen und in Abständen von 5–7 Tagen mit nach der vorangegangenen, lokalen und allgemeinen Reaktion sich richtenden Steigerung der Menge zu wiederholen.

E. Oppenheimer.

(Berichte üb. d. ges. Physiologie.)

Astronomische Mitteilungen.

Die Sterngruppe in der Nachbarschaft der Sonne (Harlow Shapley, Spectral Type B and the local stellar system. Proceedings of the National Academy of Sciences Vol. 5). Bis vor kurzem herrschte die Auffassung, daß die Sonne sich nahezu in der Mitte eines abgeflachten Sternsystems mit einem äquatorialen Durchmesser von wenigen tausend Lichtjahren (Milchstraßensystem) befindet, dem die unserer Beobachtung zugänglichen Sterne angehören, und daß die kugelförmigen Sternhaufen und die Spiralnebel unabhängige Weltsysteme von ähnlicher Ausdehnung und Konstitution sind. Im Gegensatz dazu haben die Untersuchungen über die Verteilung und die Entfernungen der Sternhaufen einerseits und der schwachen Sterne (schwächer als 9. Größenklasse) andererseits zu der An-

schauung geführt, daß alle von uns beobachteten Objekte dem galaktischen System angehören, dem mindestens eine hundertfache Ausdehnung zugeschrieben werden muß. Die schwachen (und entfernten) Sterne und die kugelförmigen Sternhaufen haben dieselbe Symmetrieebene. Die hellen (uns nächsten) Sterne jedoch scheinen ein besonderes, in das galaktische eingebettetes System zu bilden, dessen Symmetrieebene gegen die Ebene der Milchstraße einen Winkel bildet, für den sich aus der Bearbeitung der dazu besonders geeigneten hellen Sterne vom Spektraltypus B der Wert 12° ergeben hat.

Das Erscheinen der ersten drei Bände des neuen Henry Draper Catalogue (Rektaszensionsstunden 0^h – 9^h), der die Spektren aller Sterne bis fast zur 9. Größe enthält, gab Shapley eine Möglichkeit, die Hypothese der Sterngruppe in der nächsten Umgebung der Sonne (local cluster) zu prüfen. In ein Diagramm, das als Abszisse die Rektaszension, als Ordinate die Deklination hat, werden sämtliche Sterne vom Typus B (außer B 8 und B 9) eingetragen. Das Diagramm enthält ferner den galaktischen Äquator und den Äquator der sonnennahen Gruppe, wie er sich aus den B-Sternen bis zur Größe 5,5 früher ergeben hat.

In ein erstes Diagramm dieser Art werden die B-Sterne, die heller als 6. Größenklasse sind, eingezeichnet. Sie liegen fast gänzlich auf einer Seite des galaktischen Äquators, umschließen aber symmetrisch den Äquator der nahen Sterne.

Die Einzeichnung der B-Sterne bis zur 7. Größe bedeutet eine Erweiterung des Radius der untersuchten Raumkugel auf das 1,6-fache (unter der Voraussetzung gleicher absoluter Leuchtkraft der B-Sterne in verschiedenen Raumgegenden). Das Bild verändert sich stark. Die zu den früheren hinzukommenden Sterne liegen nur zum sehr kleinen Teile nahe dem Äquator der Sonderngruppe, ihre große Menge schließt sich dem galaktischen Äquator an.

Entscheidend wirkt das dritte Bild, in welches nur die Sterne eingetragen sind, die schwächer als 7. Größe und durchschnittlich in größerer Entfernung anzunehmen sind. Für diese Sterne ist offensichtlich der galaktische Äquator die Symmetrieebene.

Diese Prüfung bestätigt also die von Shapley entworfene Anschauung, daß die Sterne der näheren Umgebung der Sonne einen Sternhaufen von geringer Ausdehnung bilden, der ebenfalls stark abgeflacht ist, aber eine andere Symmetrieebene hat als das allgemeine galaktische System. Die äquatoriale Ausdehnung des sonnennahen Haufens läßt sich auf Grund desselben Materials abschätzen. Die Sterne der Typen B_0 , B_1 , B_2 haben durchschnittlich eine größere absolute Leuchtkraft als die der Typen B_3 und B_5 . Ein Stern 7. Größe der Gruppe B_0 , B_1 , B_2 ist also in größerer Entfernung zu suchen, als wenn er zu B_3 oder B_5 gehörte. In dem dritten Shapleyschen Diagramm liegen die B_0 , B_1 und B_2 -Sterne fast ausschließlich in der Nähe des galaktischen Äquators. Der Haufen reicht also nicht bis in die Entfernung, die ein B_1 -Stern haben muß, um uns als Stern 7. Größe zu erscheinen (etwa 1000 bis 1500 Lichtjahre). Die früheren stellarstatistischen Untersuchungen haben nur diesen Sternhaufen der nächsten Sonnenumgebung erfaßt, das galaktische Sternsystem ist erst durch die Einbeziehung der schwächeren Sterne erreicht worden.

W. Kruse.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thezing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 14. (Seite 225—240)

8. April 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Über den Sauerstoffstrom im tierischen Gewebe. Sauerstofforte und Reduktionsorte nach P. G. Unna. Von *Walter Thörner, Bonn*. S. 225.

Besprechungen:

Freudenberg, K., Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe. Von *M. Bergmann, Berlin-Charlottenburg*. S. 230.

Henrich, F., Theorien der organischen Chemie. Von *P. Friedlaender, Darmstadt*. S. 231.

Schmidt, J., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. Von *P. Friedlaender, Darmstadt*. S. 231.

Kast, H., Spreng- und Zündstoffe. Von *O. Poppenberg, Berlin-Charlottenburg*. S. 231.

Schwarz, M. v., Legierungen. Von *W. Fraenkel, Frankfurt a. M.* S. 232.

Zsigmondy, R., Kolloidchemie. Von *H. Freundlich, Berlin-Dahlem*. S. 232.

Abegg, R., Handbuch der anorganischen Chemie. Von *H. Freundlich, Berlin-Dahlem*. S. 233.

Sommerfeld, A., Atombau und Spektrallinien. Von *J. Franck, Göttingen*. S. 233.

Kauffmann, H., Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Kon-

stitution. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 233.

Moser, L., Die Reindarstellung von Gasen. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 234.

Chemiker-Kalender 1921. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 235.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über den Ursprung von Uran Z_2 (Otto Hahn's Uran Z). Von *M. C. Neuburger, Wien*. S. 235.

Über den Ursprung von Uran Z . Anmerkung zu der obigen Mitteilung von *M. C. Neuburger*. Von *Otto Hahn, Berlin-Dahlem*. S. 236.

Über die Hydrolyse der Zellulose. Von *Yrjö Kauko, Tammerfors*. S. 237.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die Alandsfrage und andere politisch-geographische Probleme des Nordens. S. 238.

Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin:

Landschaftsformen in Kleinasien. Bau des Erkelenzer Steinkohlenbezirkes. S. 239.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 240.

Urwald-Veld-Wüste. Über die Wirkung der Fütterung mit Schilddrüsensubstanz auf Kaulquappen-Entwicklung und -Wachstum.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Technik, Ingenieur und Hochschulstudium

Ein Einführungsvortrag, gehalten an der Technischen Hochschule Karlsruhe

von

Dr.-Ing. Fr. Engesser

Professor und Geheimer Oberbaurat

Preis M. 5.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Theodor Fisher Verlag in Freiburg i. Br. 79, Kirchstr. 33

Leuckart-Chrust:
**Zoologische
Wandtafeln**

Schroeder-Harpf:
**Chemisch-Technolog.
Wandtafeln**

Keller-Andreae:
**Tiere der Vorwelt
Wandtafeln**

Ulbrich:
**Botanische
Wandtafeln**

Prospekte auf Verlangen porto- und kostenfrei

(228)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe

von

Prof. Dr. Karl Freudenberg

Privatdozent an der Universität Kiel

1920

Preis M. 22.—

Siehe auch die Besprechung auf Seite 230 dieser Nummer!

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

8. April 1921.

Heft 14.

Über den Sauerstoffstrom im tierischen Gewebe.

Sauerstofforte und Reduktionsorte nach P. G. Unna.

Von Walter Thörner, Bonn.

Wenn wir die Vorgänge in den lebenden Organismen mit den Methoden des Chemikers untersuchen und mit seinen Augen betrachten, erkennen wir als Grundlage aller Lebenserscheinungen die Umsetzungen chemischer Körper, die wir als Stoffwechsel bezeichnen. Der *Stoffwechsel* ist der *elementare Lebensvorgang*, er spielt sich in jeder *Zelle*, dem Grundbaustein aller Organismen, bereits in der kompliziertesten Weise ab. Über seine Einzelheiten sind wir wenig unterrichtet. Wir kennen wohl grobenteils die Stoffe, die zugeführt werden müssen, um das Leben zu unterhalten; wir können auch die Ausscheidungen chemisch analysieren, in denen die Endprodukte des Stoffwechsels erscheinen. Die Wege aber, auf denen die zugeführten Stoffe in den Körperzellen in die Endprodukte übergeführt werden, sind offenbar äußerst verwickelte und lange Bahnen und unserm Auge noch fast ganz in Dunkel gehüllt. Die Zwischenstufen des sogenannten intermediären oder Zellstoffwechsels kennen wir kaum. Auch über das „wo“ sind wir nur unvollkommen orientiert. Im Größeren haben wir zwar bestimmte Funktionen bestimmten Organen zuweisen können, so die Harnstoffbildung der Leber oder die Synthese der Hippursäure der Niere, stehen aber ziemlich ratlos da, wenn wir die chemischen Prozesse im Innern der *Zelle* zu lokalisieren versuchen.

Hier Aufklärung zu bringen, ist die Aufgabe der *Histochemie* oder *Mikrochemie*, welche im Zellgewebe unter dem Mikroskop verfolgbare chemische Reaktionen ausführt. So hat uns die Histologie bereits durch Verankerung bestimmter Stoffe und speziell Farben an bestimmten Zellbestandteilen wichtige Schlüsse auf deren chemischen Charakter erlaubt. Ich erinnere an die Bindung basischer Farbstoffe durch saure Zelleiweiße und das Umgekehrte, an die spezifische Färbung von Stärke, von Glykogen, von Fett in der Zelle. Aber die Histologie hat diese mikrochemischen Methoden mehr zu morphologischen Zwecken ausgebaut, während der physiologische Gesichtspunkt vernachlässigt ist. Diesen nun in den Vordergrund gerückt zu haben, ist das Verdienst des Hamburger Dermatologen *P. G. Unna*, der durch seine mikrochemischen Untersuchungen vor allem über die *Atmungsvor-*

gänge im Zellgewebe unsere Kenntnisse über den Zellstoffwechsel wesentlich erweitert und zum Teil neu fundiert hat. Ihm ist es gelungen, in äußerst durchsichtiger Weise den *Sauerstoffstrom* in der Zelle zu lokalisieren, indem er gewisse Teile des Zellgewebes als *reduzierend*, andere als *oxydierend* und *sauerstoffspeichernd* färbereich darstellen konnte. Wegen der überragenden Stellung der Oxydationsvorgänge im Stoffhaushalt der aeroben Lebewesen und ferner, weil sie methodisch der Erforschung des *Zellstoffwechsels* neue Bahnen öffnen, sind die Untersuchungen *Unnas* und die daraus abgeleiteten Anschauungen bedeutungsvoll und wert, einem weiteren Kreise bekannt zu werden.

Die theoretische Anschauung erfordert im tierischen Gewebe Reduktions- und Oxydationsvorgänge nebeneinander. Schon *Paul Ehrlich* hatte experimentell gezeigt, daß das lebende und überlebende Zellgewebe ganz allgemein ein starkes Reduktionsvermögen besitzt, indem es gewissen eingespritzten Farbstoffen lebhaft Sauerstoff entzieht und sie in die Reduktionsfarbe überführt, z. B. Indophenolblau in Indophenolweiß, Alizarinblau in Alizarinweiß. Andererseits waren die oxydativen Fähigkeiten des Gewebes dadurch bewiesen, daß Oxydationsfermente (Stoffe, die die Eigenschaft haben, Oxydationsprozesse zu bewirken) aus dem Zellprotoplasma extrahiert werden konnten. Um nun das Nebeneinander dieser chemisch entgegengesetzten Vorgänge räumlich zu fassen, ließ *Unna* in dünnen Gewebsschnitten die Reduktion oxydierter Farbstoffe und umgekehrt die Oxydation vorher reduzierter Farben durch das überlebende Gewebe selbst vornehmen, das sich gleichzeitig mit den entstehenden Farben echt färbte. Auf diese Weise gelang es ihm, *Reduktionsorte*, d. h. solche Zellteile, die *Sauerstoff an sich reißen und zu ihren Verbrennungen verbrauchen*, und *Sauerstofforte*, d. h. solche, die *freien, aktiven Sauerstoff ansammeln* und zu Oxydationen hergeben können, färbereich darzustellen und unter dem Mikroskop zu beobachten.

Zur Färbung der Reduktionsorte eignet sich am besten eine 1proz. wäßrige Lösung von Kaliumpermanganat, in der die Gewebsschnitte 1–2 Minuten gebadet werden. Es zeigen dann die Reduktionsorte durch Reduktion des Farbstoffs zu Mangansuperoxyd (Braunstein) eine um so tiefer braune Tönung, je stärker ihre Reduktionskraft ist. Stellen aber, die nicht zu reduzieren vermögen, bleiben hell. In analoger Weise kann man eine Mischung der 1proz. wäß-

rigen Lösungen von Eisenchlorid und rotem Blutlaugensalz (Reduktionsorte tiefblau durch Entstehen von Berliner Blau) oder eine 1proz. Lösung von Tetranitrochrysophansäure in Chloroform benutzen (Reduktionsorte rot). Das *Manganbild* gibt die reinste Darstellung, da hier die saure oder alkalische Beschaffenheit der Zellbestandteile ohne Einfluß auf die Färbung ist. Die mikroskopische Betrachtung so behandelter Schnitte zeigt natürlich große Verschiedenheiten je nach Art des untersuchten Organs und Tieres. Im allgemeinen tritt aber übereinstimmend hervor, daß die *Grundsubstanz des Zellprotoplasmas* (Spongioplasma) starke *Reduktionsfärbung* gibt, daß speziell *Muskelsubstanz, rote Blutkörperchen* und *Hornschicht* der Haut *ausgesprochene Reduktionsorte* sind, während das Reduktionsvermögen bei Drüsenzellen wechselnd stark, bei Ganglienzellen, Nerven und bei den Interzellularsubstanzen im allgemeinen schwächer ist. Mit auffallender Deutlichkeit aber heben sich im Reduktionsbild stets die *Zellkerne, ferner das Fett* (und vielfach auch die Knorpelsubstanz) als *gänzlich ungefärbt* heraus. Diese Elemente reduzieren also nicht! Warum nicht? Weil sie selbst mit Sauerstoff gesättigt sind und daher dem Farbstoff keinen mehr entziehen können? Oder sind sie gar imstande, selbst freien Sauerstoff abzugeben und oxydierend zu wirken? Die Behandlung mit spezifischen Sauerstoffreagentien ergab die Entscheidung.

Als solches benutzte Unna das „Rongalitweiß“¹⁾. Mit Rongalitweiß bezeichnet er die Leukobase des Methylenblau, das Leukomethylenblau oder Methylenweiß, das aus dem sauerstoffreicheren Methylenblau durch Reduktion mit einem Überschuß von Rongalit²⁾ entsteht. Dies farblose Leukomethylenblau geht nach Beseitigung des Rongalitüberschusses bei Anwesenheit freien aktiven Sauerstoffes wieder in den blauen Oxyfarbstoff über. Die Gewebsschnitte (nur Gefrierschnitte frischen Materials eignen sich, da die Sauerstofforte viel empfindlicher sind als die Reduktionsorte und durch die gewöhnlichen

Fixierungsmittel zerstört werden) werden 1—2 Minuten in die Rongalitweißlösung getaucht, dann in abgekochtem Wasser unter Bewegung ausgewaschen und auf dem Objektträger an der Luft getrocknet. Die Leukobase ist nach einem weiter unten zu erörternden Prinzip von sauren und gleichzeitig sauerstoffreichen Gewebsteilen aufgenommen und gefesselt worden, durch Auswaschung des Rongalitüberschusses ist die Oxydation des Methylenweiß zum Blau freigegeben, und diese erfolgt an allen Zellelementen, in denen freier Sauerstoff verfügbar ist, unter echter Blauanfärbung derselben. Auf diese Weise heben sich im mikroskopischen Bilde *alle Sauerstofforte durch ihre Blautönung* scharf heraus aus dem übrigen ungefärbten Gewebe.

Und vergleichen wir ein solches Oxydationsbild mit dem etwa durch Manganfärbung erzeugten Reduktionsbilde eines analogen Gewebsschnittes, so erkennen wir, daß beide sich in überraschender Treue ergänzen. Gerade die Teile, die im Manganbilde ungefärbt blieben, zeigen im Rongalitweißbilde die tiefste Bläuung und umgekehrt. So stellen sich die *Kerne tiefblau als ausgeprägte Sauerstofforte* dar, während Muskelsubstanz und rote Blutkörperchen ungefärbt sind. Nur das Fett, im Reduktionsbild als nicht reduzierend erkannt, färbt sich auch mit Rongalitweiß nicht. Es unterscheidet sich daher wohl von den Kernen dadurch, daß es zwar sauerstoffgesättigt, aber nicht imstande ist, oxydierend zu wirken. Wie die Kerne verhalten sich die von Ehrlich entdeckten *Mastzellen* und gewisse *Granula* in Drüsenzellen, so daß wir *Zellkerne, Mastzellen und gewisse Zellgranula als reine konstante Sauerstofforte* ansehen können, denen als *reine konstante Reduktionsorte Muskelsubstanz, rote Blutkörperchen, Nerven und Hornschicht der Haut* gegenüberstehen. Im Vergleich zu diesen Extremen nehmen die Interzellularsubstanzen eine Mittelstellung ein: so wirkt die Knorpelsubstanz meist stark oxydierend, Kollagen und Elastin meist schwach reduzierend.

Einen besonderen Typus aber stellt das *Zellprotoplasma* dar gemäß seiner stark wechselnden Zusammensetzung. An und für sich ist das Protoplasma als Grundsubstanz betrachtet ein lebhaft reduzierender Körper, so erkennbar an den großen Deckepithelien der Haut, der Speiseröhre, der Stachelschicht des Haarbalges, ferner an dem Epithel der gewundenen Harnkanälchen in der Niere, welche reduzierende Stoffe ausscheiden. Anders aber ist es, wo das Protoplasma selbst oxydierende Substanzen erzeugt, wie bei Zellteilungen oder bei vielen Drüsenzellen, deren Sekrete sauerstoffreich sind, oder wo es, in schmalen Säumen große Kerne dicht umlagernd, von deren Überfluß an freiem Sauerstoff überschwemmt wird. In diesen Fällen bläut sich auch das Protoplasma bei der Rongalitweißbehandlung, so z. B. in den großkernigen Zellen, die die Ausführungsgänge vieler

¹⁾ Man kann die Rongalitweißlösung fertig beziehen von Grübler, Leipzig, oder selbst herstellen, indem man in 10 ccm Wasser löst 0,2 Methylenblau und 0,4 Rongalit, 4 Tropfen 25proz. Salzsäure zuzügelt und die Mischung bis zur Entfärbung gelinde erwärmt. Tritt beim Erkalten eine Trübung auf, so wird filtriert. Ebenso zweckmäßig ist die dünnere Farblösung: 10 ccm einer ½proz. Methylenblaulösung und 0,3 Rongalit mit 7 Tropfen 25proz. Salzsäure. Die Lösung ist einige Tage haltbar. Sie stellt vor allem die Kerne gut dar. Durch Neutralisieren mit 1proz. Natronlauge (tropfenweise bis zur bleibenden Fällung, filtrieren) wird sie besonders geeignet für Mastzellengranula und Granoplasma. Zur Verstärkung der Färbung oder Herstellung von Dauerpräparaten badet man die Schnitte nach dem Auswaschen kurz in 1proz. Chromsäure oder 1proz. Ammonpersulfat, spült sie ab und bettet sie in Gummi ein.

²⁾ Rongalit ist eine stark reduzierende Verbindung von Formaldehyd mit dem Natriumsalz der Sulfoxylsäure.

Drüsen auskleiden, wo aus dem Sauerstoffreichtum des Protoplasmas dem Sekret noch Sauerstoff zugeführt werden kann. Ähnlich finden wir auch die Luftwege in den Lungen bis an die Alveolen mit Zellen ausgekleidet, in denen sich Kern und Protoplasma gleichmäßig bläuen, und können in dieser Wandbedeckung der Bronchien mit Sauerstofforten eine durchaus zweckmäßige Einrichtung erkennen, die verhindert, daß die vorbeistreichende Luft vorzeitig ihres Sauerstoffs beraubt werde, bevor sie in die eigentlichen Gasaustauschstellen, die Alveolen, gelangt. Im übrigen weisen auch gewisse Einschlüsse im Protoplasma durch tiefe Bläung starken Sauerstoffgehalt und Oxydationsvermögen auf, wie die Nißl-Schollen in den Ganglienzellen und die Granula in Mast- und Plasmazellen.

Zusammenfassend kann man mit *Unna* sagen: „*Hauptsauerstofforte sind die Zellkerne*, dann folgen für das Bindegewebe die Mastzellen, für die Drüsenepithelien gewisse Granula, für das Zentralnervensystem das Protoplasma der Ganglienzellen und schließlich als durch die Kernnähe bedingt das Protoplasma aller basalen Epithelien der Ausführungsgangepithelien und des Bronchialepithels. Den Schluß machen die Granula der weißen Blutkörperchen des Blutes, der Milz und des Knochenmarkes.“

Es wird nun selbstverständlich der Gedanke auftauchen, ob denn die Rongalitweißmethode auch wirklich freien Sauerstoff im Gewebe anzeigt, ob nicht vielleicht schon vorher aus der Leukobase das Methylenblau zurückgebildet und dieses als basischer Sauerstoff an allen sauren Gewebeteilen verankert wird, so daß dadurch nicht *Sauerstofforte*, sondern einfach *Säureorte* dargestellt würden, wie mit basischen Farben überhaupt. Demgegenüber ist jedoch zu betonen, daß das Rongalitweißbild sich ganz durchgreifend von dem Bild der direkten Methylenblaufärbung unterscheidet. Das Methylenblau wird von allen sauren Körpern im Gewebe ohne Rücksicht auf den Sauerstoffgehalt aufgenommen und gespeichert und färbt daher auch Reduktionsorte, soweit sie saure Eiweiße enthalten, wie z. B. Muskelsubstanz und Hornschicht der Haut. Es gibt also viel mehr Säureorte als Sauerstofforte, wenn auch die letzten stets an die ersten gebunden sind. *Jeder Sauerstoffort ist zugleich auch Säureort, aber nicht umgekehrt auch jeder Säureort ein Sauerstoffort.* Entzieht man einem Gewebeschnitt durch Cyankalivergiftung den Sauerstoff oder erhitzt man ihn auf 100° C, so versagt jetzt die Rongalitweißfärbung völlig, während die direkte Methylenblaufärbung das normale Bild erzielt. Es wird demnach das *Leukomethylenblau* im Gegensatz zum Methylenblau *nur von solchen Säureorten gebunden und gespeichert, die freien Sauerstoff besitzen*, während es zu den sauerstoffarmen (reduzierenden) Eiweißen keine Affinität hat. Hierin kommt ein für die Verwandtschaft zwischen Zelleiweiß

und Farben allgemein geltendes Gesetz zum Ausdruck, *nach welchem sauerstoffarme und sauerstoffreiche Körper einander anziehen und ab-sättigen.* Dies Gesetz, das sich auch weiterhin bestätigt hat, ist von *Unna* mit der Bezeichnung „*oxypolare Affinität*“ belegt worden. — Daß an den Sauerstofforten tatsächlich gespeicherter freier Sauerstoff vorhanden ist, ergibt sich daraus, daß eine mehr oder weniger starke Bläung dieser Stellen auch dann auftritt, wenn man die Rongalitweißmethode unter Ausschluß des Luftsauerstoffes (wie später zu erörtern) vornimmt. An basischen Teilen der Gewebe aber liegen keine Sauerstofforte, denn verwendet man an Stelle eines basischen (Leukomethylenblau) einen sauren reduzierten Farbstoff wie Leukosäuregrün oder Indigoweiß, so kann dieser, an basischen Zellteilen verankert, hier nur durch Oxydation an der Luft wie echte Küpen Färbungen erzeugen; ein saurer Leukofarbstoff stellt also nur basische Gewebsstoffe (Kollagen u. a.), aber keineswegs Sauerstofforte dar.

Auf Grund dieser färberisch-mikroskopischen Befunde erhebt sich naturgemäß die Frage, was sind die Sauerstofforte? Wie gewinnen und bewahren sie ihren Reichtum an wirksamem Sauerstoff und wie vollziehen sie mit ihm die Oxydationen? Beschränken wir in der Beantwortung dieser Fragen der Übersichtlichkeit wegen unsere folgenden Erörterungen zunächst auf die Kerne als die wichtigsten Sauerstofforte. Schon durch ältere Untersuchungen war festgestellt, daß Zellgewebe oder auch Extrakte aus frischen oder abgetöteten Zellen imstande sind, chemische Körper wie z. B. Benzylalkohol oder Salicylaldehyd in Berührung mit Luft oder Blut zu oxydieren und daß diese oxydierende Kraft um so größer ist, je kernreicher das betreffende Zellmaterial. Blut allein dagegen wirkte kaum oxydierend, Muskel und Nervensubstanz zeigten gar einen verzögernden Einfluß, was auf ihren Reichtum an reduzierenden Stoffen schließen ließ. Alle diese Befunde stehen in bester Übereinstimmung mit den Resultaten *Unnas* und weisen auf die Kerne als Hauptoxydationsorte hin. Man stellte sich die oxydierende Kraft als Eigenschaft löslicher Fermente, *Oxydasen* genannt, vor, die besonders in den Kernen sich finden und als deren einer Träger durch *Spitzer* bereits ein eisenhaltiges Nukleoprotein charakterisiert werden konnte. Auf den Metallgehalt der Oxydationsfermente wurde von vielen Seiten Gewicht gelegt. Nach *Bertrand* wird eine Oxydase erst wirksam (aktiviert), wenn zu einem unbeständigen organischen Anteil des Fermentes, der den eigentlichen Fermentcharakter bedingt, ein zweiter stabilerer anorganischer oder auch organischer Körper, das sogen. Coferment, hinzutritt. Dabei soll das Manganoxydul eine wichtige Rolle als Coferment spielen, wie denn auch in vielen pflanzlichen Oxydasen Mangan aufgefunden wurde. Es kann jedoch durch Eisen und andere Metalle vertreten

werden. *Macallum* kam zu der Überzeugung, daß in allen tierischen und pflanzlichen Zellkernen und vielfach auch im Protoplasma festverankertes Eisen vorhanden sei, das mit organischen Anteilen zusammen als „mineralisches Ferment“ die Oxydationsprozesse bewirke. Über den Mechanismus der Oxydasewirkung herrschen sehr verwickelte und auseinandergehende Vorstellungen. Es ist zu unterscheiden zwischen Fermenten, die direkt mit Luftsauerstoff zu oxydieren vermögen, Oxydasen im engeren Sinne, und den „*Peroxydasen*“, die nur bei Gegenwart von Peroxyden (Wasserstoffsuperoxyd oder organische Peroxyde) unter Abspaltung freien aktiven Sauerstoffs oxydativ wirken. Peroxydasen finden sich ungemein verbreitet und wohl in allen tierischen und pflanzlichen Geweben. Sie scheinen das wichtigste Oxydationsferment der Zelle zu sein, ja man ist geneigt, überhaupt jede Oxydasewirkung auf Peroxydasen zurückzuführen und ihr Wesen zu erblicken in leicht sich bildenden und wieder sich zersetzenden Peroxyden, wobei ein stabiler unorganischer Fermentkern (Eisen, Mangan) eine wesentliche Rolle spielt. Das Resultat ist die Überführung molekularen inaktiven Sauerstoffs in die unvollständig dissoziierte oder atomistische aktive Form. Den Oxydasen resp. Peroxydasen gewissermaßen entgegengerichtet arbeiten die in nahezu allen Zellen nachgewiesenen „*Katalasen*“, Fermente, welche, etwa wie feinverteiltes Platin das Wasserstoffsuperoxyd, Peroxyde zerlegen unter Abspaltung von molekularem inaktiven Sauerstoff. Als ihre Aufgabe im Zellgewebe sieht man vielfach die Zersetzung der überschüssigen, für die regulären Oxydationen nicht mehr benötigten Peroxyde im Sinne einer entgiftenden Schutzfunktion an.

Über das Geschehen in den Sauerstofforten lassen sich nun grundsätzlich zwei verschiedene Annahmen machen. Es könnten z. B. die Zellkerne einfach infolge Gehaltes an sauerstoffreichen Verbindungen als Ansammlungen dieses Gases wirken, von dessen Überfluß sie abzugeben imstande wären, sie könnten andererseits aber auf Grund eines Besitzes an Oxydasen oder Peroxydasen befähigt sein, den ihnen zugeführten molekularen Sauerstoff (aus der Luft oder dem Zellsaft) zu aktivieren und so oxydierend zu wirken. Die erste Annahme würde kaum genügend die große Labilität der Sauerstofforte, ihre Empfindlichkeit gegen Protoplasmagifte, gegen die üblichen Fixierungsmittel und gar gegen Neutralsalze erklären. Diese Momente weisen vielmehr auf fermentartige Vorgänge hin. Außerdem konnte *Unna* zeigen, daß die Bläuung der Kerne nach Auswaschung allen Rongalitüberschusses schwächer resp. verändert ausfällt, wenn man keinen gelösten oder Luftsauerstoff hinzutreten läßt. Die Sauerstofforte sind also nicht einfach Sauerstoffquellen, sondern Sauerstoffkatalysatoren, die erst aktiven Sauerstoff her-

stellen aus molekularem, der ihnen gewissermaßen als Rohmaterial zugeführt wird. Daß aber im Zellgewebe, vor allem in den Zellkernen, die Bedingungen für diesen Aktivierungsprozeß durch Vorhandensein von Oxydasen oder Peroxydasen gegeben sind, geht aus dem weiter oben Gesagten hervor.

Wenn wir nun versuchen wollen, auf Grund der bisherigen Darlegungen die Bewegung des Sauerstoffes im Gewebe verständlich zu machen, so stoßen wir auf Schwierigkeiten, die hauptsächlich in den Fragen liegen: Wie gelangt der Sauerstoff durch das als stark reduzierend erkannte Protoplasma der Zelle in den bezüglich der Zufuhr doch recht ungünstig gelegenen Kern, und wodurch ist dieser in den Stand gesetzt, Sauerstoff in aktivierter Form festzuhalten und zu speichern? *Unna* findet eine Lösung durch die Annahme, daß die Kerne im Gegensatz zum Protoplasma keine Katalase enthalten, daß sie von dem allgemeinen Gesetz des Katalasegehaltes der tierischen Gewebe ausgeschlossen sind, und stellt sich demgemäß den Sauerstoffstrom in der Zelle folgendermaßen vor: „Die aktiven Sauerstoff als Hydroperoxyd enthaltende Lymphe überschwemmt das Zellenprotoplasma von der Außenseite her . . . Das stark reduzierende Protoplasma . . . nimmt sofort einen Teil dieses . . . Sauerstoffs für sich zu seiner eigenen Verbrennung in Anspruch. Dieser Anteil wird nach den Untersuchungen von *Bach* u. a. nicht von der Katalase des Protoplasmas in Beschlag genommen. Ein anderer Teil aber . . . wird von der Katalase des Protoplasmas seiner Aktivität beraubt und als unbrauchbarer Rest von molekularem Sauerstoff nach Durchwanderung des Protoplasmas an dessen Innenseite abgegeben. Hier kommt der restliche molekulare Sauerstoff des Protoplasmas in Kontakt mit der Peroxydase des Kernes, wird wieder in aktiven Sauerstoff umgewandelt und, da der Kern keine Katalase enthält (als solcher), aufgespeichert.“

Von diesem allgemeinen Verhalten gibt es verschiedene Abweichungen, die im Vorhandensein von freiem aktiven Sauerstoff im Protoplasma bestehen, im Rongalitweißbilde ausgedrückt durch Bläuung des Protoplasmas oder von Teilen desselben. In schmalen Protoplasmasäumen um große Kerne kann es infolge ungenügender Neutralisation der alkalischen Lymphe zu einem Rückströmen des Sauerstoffüberschusses aus dem Kern in das Protoplasma kommen. Im Protoplasma können katalasefreie, peroxydasehaltige Orte liegen, wie Granula, Granoplasma u. a. in Mastzellen, Plasmazellen, Drüsenzellen, Leuko- und Lymphozyten, die wie Kerne freien Sauerstoff speichern. „Hiernach wären also ganz im allgemeinen Reduktionsorte des Gewebes solche Gewebselemente, die Katalase, aber keine Peroxydasen enthalten, Sauerstofforte solche, die Peroxydasen, aber keine Katalase enthalten.“

Starke experimentelle Stützen für diese Anschauung haben Untersuchungen von Golodetz und P. Unna erbracht. Sie unterzogen, um Protoplasma und Kern zu trennen, Vogelblut, dessen rote Blutkörperchen bekanntlich im Gegensatz zu denen der Säugetiere Kerne besitzen, der Einwirkung von Pepsin-Salzsäure. Durch diese wird in wenig Tagen das Protoplasma völlig verdaut und aufgelöst, die Kerne dagegen werden kaum angegriffen. Golodetz und P. Unna sahen nun zugleich mit dem Schwinden des Protoplasmas auch den Katalasegehalt des Verdauungsgemisches (geprüft an der Wasserstoffsperoxyd-Katalyse) abnehmen und am vierten Tage nahezu gleich Null werden, während zur selben Zeit die mikroskopisch noch wohl erhaltenen Kerne mit Rongalitweiß Blaufärbung zeigten und mit der Benzidinreaktion noch Peroxydasegehalt angaben, obwohl sie von Hämoglobin sorgfältig befreit waren. So gehören also Kernsubstanz und Peroxydase einerseits und Protoplasma und Katalase andererseits zusammen, wie denn auch in quantitativen Versuchen der Katalasegehalt stieg und fiel mit dem Protoplasmaeichthum der Gewebe und gänzlich unabhängig war vom gleichzeitigen Peroxydasegehalt. Der fast völlige Mangel an Katalase in der Knorpelsubstanz, die durch die Rongalitweißmethode als Sauerstoffort erwiesen wird, spricht ebenfalls für die Katalaselosigkeit der Sauerstofforte im allgemeinen.

Unter den Sauerstofforten nimmt Unna eine Scheidung in primäre und sekundäre vor. Verhindert man nämlich bei der Rongalitweißfärbung durch Auswaschen und Aufheben der Schnitte in sauerstofffreiem Wasser den Zutritt von Luftsauerstoff, so findet dennoch eine Bläue statt an den Orten, die freien Sauerstoff gespeichert festhalten. • Das gilt vor allem in den Plasmazellen für das Granoplasma, in den Ganglienzellen für die Nißl-Schollen und für die Knorpelgrundsubstanz. Diese Gewebsteile entziehen nämlich zufolge ihrer stark sauren Beschaffenheit ihren Zellkernen, die sie dicht umschließen, den dort erzeugten aktiven Sauerstoff und speichern ihn selbst. Daher bleiben auch unter den gleichen Umständen in diesen Zellen die Kerne ungefärbt, die hier sogar bei gewöhnlichen an der Luft gebläuten Schnitten infolge ihrer aufgezwungenen starken Sauerstoffabgabe eine gewisse Sauerstoffarmut offenbaren. Unna nennt diese Zellteile *sekundäre oder labile Sauerstofforte*, da sie nur speichern können, nicht aber imstande sind (aus Mangel an Peroxydasen), wenn ihnen der angehäuften freie Sauerstoff künstlich entzogen wurde, solchen aus der Luft durch Aktivierung wiederzugewinnen. Ihnen gegenüber stehen die *primären oder stabilen Sauerstofforte*, als deren Hauptvertreter die Kerne zu nennen sind, die neben dem *Speicherungsvermögen* durch ihren Peroxydasegehalt in den Stand gesetzt sind, ihnen gebotenen mole-

kularen Sauerstoff in die zur Oxydation nötige aktive Form überzuführen.

Bevor wir zum Schluß versuchen, ein zusammenhängendes Bild von Sauerstoffstrom auf seinem Wege vom Eintritt in den Säugetierkörper durch die Lungenbläschen bis zu den Zellkernen im Gewebe zu entrollen, wie es sich Unna auf Grund seiner Forschungen vorstellt, müssen wir noch eine Bemerkung über das rote Blutkörperchen vorausschicken. Der Erythrozyt erweist sich durch die Rongalitweißfärbung als Reduktionsort und läßt keinen freien Sauerstoff erkennen, obwohl wir wissen, daß das Hämoglobin, der in dem Stroma (Gerüstwerk) des Blutkörperchens eingeschlossene rote eisenhaltige Farbstoff, den Sauerstoff speichert und durch das Gefäßsystem transportiert. Befreit man aber das Hämoglobin aus dem Stroma, so färbt es sich mit Rongalitweiß als Sauerstoffort intensiv blau. Es ist also das Stroma, welches, solange es das Hämoglobin umschließt, das Auftreten freien Sauerstoffs nach außen verhindert, das dem zusammengesetzten System „Erythrozyt“ das Gepräge eines Reduktionsortes verleiht, indem es durch seinen Katalasegehalt jeden Überschuß an freiem aktiven Sauerstoff zurückverwandelt in molekularen, wie es auch das Protoplasma tut.

Nun mag endlich der *Sauerstoffstrom* in seinen möglichen Grundzügen dargestellt werden: In den Lungenkapillaren dringt der molekulare Sauerstoff der Atmungsluft durch die Wände der Lungenalveolen in großen Massen in das Blutplasma, wo er durch die Leukozyten, die als Sauerstofforte durch Unna diese neue wichtige Funktion erhalten, in aktiven Sauerstoff verwandelt wird. Dieser überschwemmt die roten Blutkörperchen, deren Stromakatalase es bei dem starken Zustrom nicht verhindern kann, daß reichlich aktiver Sauerstoff in loser Bindung, in Peroxydform im Hämoglobin als Oxyhämoglobin gespeichert wird. Das Stroma ist vollauf beschäftigt, weitere zudringende Sauerstoffmassen in die molekulare Form zurückzuwandeln und ins Plasma zurückzustoßen. So bleibt das Peroxyd im Innern des roten Blutkörperchens bewahrt, solange das Blutplasma sauerstoffreich ist. Gelangt aber das Blutkörperchen in die lungenfernen Gewebskapillaren, wo das Plasma mehr und mehr an Sauerstoff verarmt, so wendet die Stromakatalase mehr und mehr ihre zersetzende Kraft dem Oxyhämoglobin zu; sie zerlegt es und treibt den Sauerstoff in molekularer Form in das Blutplasma aus. Hier wird er durch die weißen Blutkörperchen und weiter in den Gewebesäften durch Mastzellen und Plasmazellen von neuem aktiviert und gelangt so an die Gewebezellen. Deren Protoplasma verbraucht einen Teil für sich und läßt den Rest durch Katalase inaktiviert bis an den Kern passieren, der ihn endgültig in die aktive Form überführt mit Hilfe seiner Peroxydasen und aufspeichert, da keine

Katalase vorhanden ist. So füllen die Kerne als primäre Sauerstofforte allmählich ihre Reservoir mit freiem aktiven Sauerstoff und können jederzeit an die sekundären Sauerstofforte und das Protoplasma je nach Bedarf aus ihrem Reichtum abgeben:

Literatur:

- P. G. Unna, Die Reduktionsorte und Sauerstofforte des tier. Gewebes, Arch. f. mikroskop. Anatomie Bd. 78, 1911.
 P. G. Unna, Die Sauerstofforte und Reduktionsorte, eine histochem. Studie, Arch. f. mikroskop. Anatomie Bd. 87, 1915.
 P. G. Unna, Biochemie der Haut, Gust. Fischer, Jena, 1915.
 L. Golodetz u. P. Unna, Über Peroxydase u. Katalase in der Zelle, Berliner Klin. Wochenschr. 1912, Nr. 24. Vergl. ferner:
 P. G. Unna, Medizin. Klinik 1912, Nr. 23, Berliner Klin. Wochenschr. 1913, Nr. 13 und Nr. 17.

Besprechungen.

Freudenberg, K., Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe. Berlin, Julius Springer, 1920. VIII, 161 S. Preis M. 22,—.

Das alte Gewerbe der Gerberei hat der wissenschaftlichen Durchdringung bis in die jüngste Zeit hinein Widerstand geleistet. Noch heute ist die Theorie des Gerbevorganges Gegenstand hartnäckiger Diskussionen und es fragt sich, ob hier sobald eine eindeutige Entscheidung möglich sein wird. Eine um so glücklichere Entwicklung nimmt neuerdings die Erforschung der gerbenden Stoffe, seit Emil Fischers Meisterhand die grundlegendsten Fragen der Tanninchemie geklärt hat. Den gemeinsam mit Fischer begonnenen Vormarsch in das viel begangene und doch wenig erforschte Gebiet der Gerbstoffe setzt Freudenberg, weit über den Bezirk der Tannine hinausgreifend, mit großem Schwung und glücklichem Erfolg fort. Seine „Chemie der natürlichen Gerbstoffe“ ist die erste Sichtung des gewonnenen reichen Einzelmateriells. Daß dabei allerlei überraschende biochemische Zusammenhänge aufgedeckt werden, macht das Buch dem Chemiker wie dem Pflanzenphysiologen gleich erfreulich.

Mitten aus produktiver Tätigkeit geschrieben, atmet Freudenbergs „Gerbstoffchemie“ Leben und Wärme. Hier ist nicht wahllos alles zusammengetragen, was je auf dem Gerbstoffgebiet von verschiedenen Seiten an widersprechenden Beobachtungen und Deutungen mitgeteilt wurde. Mit sicherer Kritik und gestützt auf vielseitige eigene Erfahrung hat der Verfasser aus dem umfangreichen Material das Zuverlässige herausgesucht und trotz der Menge des Aufgenommenen in überraschend gedrängter Form zusammengestellt.

Den ersten, allgemeinen Teil eröffnet eine vergleichende Zusammenstellung der analytischen Erkennungsreaktionen. Hier und im folgenden Abschnitt, der hauptsächlich von den physikalischen Eigenschaften der Gerbstoffe handelt, wird der Kolloidchemiker viel wertvolles Material finden. Weiter schließen sich an: Methoden der Gewinnung und Bestimmung von Gerbstoffen: Umwandlungen durch Chemikalien und Fermente; Derivate. Den Schluß des allgemeinen Abschnittes, der ein getreues Bild der heutigen verfeinerten Methodik für die Untersuchung hochmolekularer amorpher Stoffe liefert, bildet eine Übersicht der verschiedenen bekanntgewordenen Verfahren zur Gerbstoffsynthese. Ihre Kürze ist um so mehr berechtigt,

als der wesentlichste Teil in der Zusammenfassung der Arbeiten Emil Fischers (Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe, Berlin, J. Springer, 1919) zu finden ist. Der Beschreibung der einzelnen natürlichen Gerbstoffe und verwandten Naturstoffe, welche die zweite Hälfte der Freudenbergschen Schrift einnimmt, ist ein sehr glücklich gewähltes neues Einteilungsprinzip zugrunde gelegt. Es werden unterschieden:

1. Hydrolysierbare Gerbstoffe und gerbstoffartige Verbindungen von Ester- oder Glucosidform. Als wesentliches Kriterium für die Zugehörigkeit zu dieser Gruppe wird die Spaltbarkeit in einfache Bausteine durch hydrolysierende Fermente angesehen. Von den drei Untergruppen umfaßt die erste die sogenannten Depside, das sind Ester der Phenolcarbonsäuren mit ihresgleichen oder anderen Oxyssäuren. Die Ausdehnung des ursprünglichen Depsidbegriffes auf Oxyssäuren ermöglicht auch die zwanglose Einreihung der Chlorogensäure, deren Aufklärung als Ester von Kaffeesäure mit Chinasäure ja Freudenbergs Experimentierkunst zu danken ist. Die zweite Untergruppe „Tanninklasse“ wird durch die Umgrenzung als „Ester aromatischer Säuren mit mehrwertigen Alkoholen oder Zuckern“ verhältnismäßig weit gefaßt. Immerhin gewährt das den Vorteil, daß jetzt eine Reihe einfacher Naturstoffe, wie das Vacciniin der Preiselbeeren (eine Monobenzoylglucose), das Populin usw., als Vorstufen des Glucogallins (Monogalloylglucose des chinesischen Rhabarbers), des Hamamelitannins (Digalloylhexose) und weiterhin der Galläpfeltannine (Polygalloylglucosen) erscheinen. Die dritte und letzte Untergruppe „Glucosidartige Gerbstoffe“ enthält vorerst die sogenannten Ellagengerbstoffe.

2. Kondensierte Gerbstoffe und gerbstoffähnliche Verbindungen heißen solche, bei denen Benzolkkerne durch Kohlenstoffverbindung zusammengehalten werden. Durch Fermente werden sie nicht in einfache Bausteine zerlegt; oxydierende Mittel oder starke Säuren kondensieren sie zu hochmolekularen, amorphen Produkten (Gerbstoffrot). Von den beiden Untergruppen steht diejenige der kondensierten Gerbstoffe, welche einen Phloroglucinkern enthalten, im Vordergrund.

Den genetischen Zusammenhang dieser Gruppe mit anderen Pflanzenstoffen vermittelt Freudenberg durch seine geistreiche „Catechinhypothese“. Sie besagt etwa soviel, daß sich die Catechine zusammen mit den amorphen Phloroglucingerbstoffen und den sogenannten Roten den drei nahe verwandten und weit verbreiteten Gruppen der Flavonfarbstoffe, Anthocyanidine und Phenylstyrylketone als vierte Gruppe phloroglucinführender Naturstoffe ähnlicher Bauart anschließen — ein bestechender Gedanke von großer Überzeugungskraft. Und es muß als Erfolg der Freudenbergschen Betrachtungsweise gebucht werden, daß sich eine theoretische Voraussage über die chemische Natur des Gambircatechins, die er an die Aufstellung der Catechinhypothese anschloß, inzwischen bei der experimentellen Prüfung restlos bestätigt hat.

Der kurze hier gegebene Auszug läßt schon erkennen, welcher Fortschritt, welche Klärung der Begriffe in den wenigen Jahren seit Erscheinen der Monographie von Dekker erzielt worden ist. Darum findet in Freudenbergs Schrift der Gerbereifachmann ebensogut wie der chemisch interessierte Botaniker seine Rechnung. Insonderheit sei aber dem Chemiker, dem die Kenntnis pflanzlicher Naturstoffe am Herzen liegt, die Lektüre warm empfohlen.

M. Bergmann, Berlin-Charlottenburg.

Henrich, Ferdinand, Theorien der organischen Chemie.

Vierte Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1921. XVI, 544 S. und 31 Abbildungen. Preis geh. M. 68,—; geb. M. 76,—.

Wie zu erwarten, besitzt das Werk auch in der vorliegenden Fassung die großen Vorzüge, die ihm schon bei früheren Auflagen einen immer zunehmenden Leserkreis gesichert haben: die übersichtliche Anordnung des Stoffs und die Klarheit der Behandlung, mit welcher der Verf. selbst verwickelte Probleme auseinanderzulegen und leicht verständlich zu machen versteht. Durch Berücksichtigung der neuesten Literatur erfuhren mehrere Kapitel unter Beibehaltung der früheren Reihenfolge eine wesentliche Umarbeitung und Ergänzung; so namentlich die „Benzolfragen“, „Farbe und Konstitution“, „Neuere elektrochemische Ansichten“. Ein neues Kapitel: „Neuere und neueste Ansichten über die Natur der Valenz“ wurde eingeschoben. Trotzdem hat sich der Umfang der Auflage nur um 44 Seiten vergrößert und auch diese hätten wohl noch gespart werden können, wenn sich der Verf. bei Besprechung einiger Arbeiten, die gegenwärtig nur noch etwa historisches Interesse bieten können, zu Kürzungen entschlossen hätte (so z. B. bei *Falk-Nelson* S. 117, *Michael* S. 505—522 u. a. m.). Auch die Vorliebe des Verf. für die anfänglich sehr verlockend anmutenden Ausführungen von *Stark-Pauly* (S. 100, 194—207) wird gegenwärtig in demselben Umfange wohl kaum noch geteilt werden. Wenn es auch gelang, auf Grund derselben die anscheinenden Anomalien im Verhalten einiger organischer Verbindungen (aromatische Oxyaldehyde) plausibel zu machen, so ist doch der heuristische Wert der Theorie vorläufig gleich Null geblieben; überdies konnten inzwischen die Starkschen Vorstellungen über Atom- und Molekülbau z. T. schon durch wesentlich präzisere ersetzt werden (*Bohr*), die anscheinend die Basis für eine zukünftige physikalisch-mathematische Behandlung der organischen Chemie bilden werden. Etwas zu stiefmütterlich behandelt sind dagegen die neueren Arbeiten über Verbrennungswärmen organischer Verbindungen (v. *Weinberg*, *Fajans* u. a.), aus denen — unter Berücksichtigung der Dissoziationsarbeit für das Wasserstoff- usw. Molekül (*Langmuir* u. a.) — bereits wichtige Zahlenangaben über die Haftfestigkeit der Atome in organischen Molekülen abgeleitet werden konnten.

Auf einem so lebhaft in der Entwicklung befindlichen Gebiet, das in vielen Fällen noch keine abschließenden Urteile gestattet, sind jedoch individuelle Wertungen unvermeidlich. Auch wenn man mit ihnen nicht immer übereinstimmt, wird dadurch der Wert des Buchs für den Leser nur wenig beeinträchtigt, der durch den ausführlichen Hinweis auf die Originalliteratur immer in der Lage ist, sich ein eigenes Urteil zu bilden.

Es wäre nur zu begrüßen, wenn eine weitere Auflage der vorliegenden ebenso schnell folgen würde, wie diese der vorangehenden dritten von 1918.

P. Friedlaender, Darmstadt.

Schmidt, Julius, Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. Zweite neu bearbeitete Auflage. Stuttgart, Ferd. Enke, 1920. XXXV, 834 S. und 16 Abbildungen. Preis M. 150,—.

Das bekannte Lehrbuch ist weniger für den Anfänger als für den vorgeschrittenen Studierenden bestimmt, der sich für organische Chemie zu spezialisieren beabsichtigt. Aber auch trotz seines Umfangs und der Reichhaltigkeit seines Inhalts, durch die es die gangbarsten Handbücher, wie das von *Hollemann*,

um das Mehrfache übertrifft, kann es nur das Wichtigste hervorheben und die Zusammenhänge der Erscheinungen vermitteln. Es soll orientieren, aber zugleich auch zu weiteren Studien und eigener Kritik anregen, und hierfür ist nichts geeigneter als der Hinweis auf die Originalliteratur, deren Studium durch einige Tausend sorgfältig ausgewählter Zitate außerordentlich bequem gemacht wird. Die beiden Auflagen trennt ein Zeitraum von 14 Jahren, die die organische Chemie mit einer erstaunlichen Fülle von neuem experimentellen Material bereicherten. Die Berücksichtigung desselben bedingte, trotz möglicher Kürzungen und Umarbeitungen älterer Abschnitte, eine nicht unerhebliche Vergrößerung des Umfangs (um 60 S.). Neu aufgenommen wurden, um nur einiges herauszugreifen, die Kapitel: Aromatische Arsenverbindungen (*Salvar-san*), Chlorophyll und sonstige Pflanzenfarbstoffe, Anthocyane usw. (hier fehlen *Brasilin* und *Hämatoxilin*), Depside (Gerbstoffe), Ketene, synthetischer Kautschuk, Tieftemperaturteer, Katalytische Hydrierungen, Verbindungen mit 2- und 4-wertigem Stickstoff u. a. m. Durchgängig ist auf die neueste Literatur Bezug genommen, und wenn auch hier und da über die Wertung derselben Ansichtsverschiedenheiten bestehen können (so z. B. über die zu geringe Berücksichtigung der Arbeiten von *K. H. Meyer* über Keto-Enolisomerie, oder über die Zuverlässigkeit verschiedener technischer Angaben), so tun sie dem didaktischen Wert des Buches kaum Abbruch.

Die aus zahlreichen Monographien bekannte Gabe des Verfs., umfangreiches experimentelles Material der organischen Chemie übersichtlich zu gruppieren, das Wesentliche herauszuschälen und klar darzustellen, bewährt sich auch hier aufs beste und wird dem Lehrbuch auch in der neuen Form die verdiente Verbreitung sichern.

P. Friedlaender, Darmstadt.

Kast, H., Spreng- und Zündstoffe. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1921. XII u. 548 S., mit 94 Abb. Preis geh. M. 70,—; geb. M. 78,—.

Während des unheilvollen Weltkrieges hat sich die Industrie der Explosivstoffe in ungeahnter Weise entwickelt. Wenn auch gegenwärtig, in der Zeit des Wiederaufbaus, dieses Gebiet nicht mehr die gleiche Bedeutung hat wie vor einigen Jahren, so ist doch eine dankenswerte Aufgabe von großer Wichtigkeit, die in den Kriegsjahren gesammelten Erfahrungen wissenschaftlich festzulegen. Bei Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig ist von Prof. Dr. *Kast* ein neues Werk „Die Spreng- und Zündstoffe“ erschienen, das als Ergänzung des grundlegenden, allgemein bekannten Werkes von *Guttman* „Die Industrie der Explosivstoffe“ gedacht ist. Das Guttman'sche Werk stammt aus dem Jahre 1895; *Kast* zeichnet die Entwicklung der Explosivstoffindustrie bis zum heutigen Stande, wobei besonders die Kriegserfahrungen und die durch den Krieg bedingten Neuerungen Berücksichtigung gefunden haben. Was das Werk besonders wertvoll macht, ist die Tatsache, daß Verfasser aus reicher eigener Erfahrung schöpft und die gesamte Literatur berücksichtigt.

Nach kurzer geschichtlicher Einleitung werden in einem allgemeinen Teile die Grundbegriffe und die Einteilung der Sprengstoffe, die Auslösung der Sprengstoffenergie und die für Pulver und Sprengstoffe charakteristischen Größen, wie Explosionsgeschwindigkeit, Stärke der Explosion, Gasdruck, Gasvolumen, Wärmemenge, Explosionstemperatur, Explosionszeit usw. behandelt. Die Darstellung berücksichtigt alle für die Explosivstoffchemie bedeutungsvollen Forschungen der

allgemeinen Chemie und gibt ein klares Bild von dem Stande der wissenschaftlichen Forschung, wobei besonders auf die Schwierigkeit der theoretischen Behandlung dieses Gebietes hingewiesen wird.

Das Kapitel „Technologie und Eigenschaften der Sprengstoffe“ wird durch eine Produktionsübersicht und die Erwähnung der Erfolge der künstlichen Salpeter- bzw. Salpetersäureindustrie eingeleitet. Es folgt dann die Besprechung des Schwarzpulvers und der „rauchschwachen Schieß- und brisanten Sprengmittel“, in der die Nitrozellulosen mit dem Nitrierprozeß aus Baumwolle und Holz und andere Salpetersäureester der Kohlenhydrate sowie das Nitroglyzerin mit den verschiedenen Herstellungsverfahren eingehend beschrieben werden. Im Anschluß daran wird die Herstellung des Nitrozellulosepulvers und des Nitroglyzerinpulvers behandelt, wobei die Produktionszahlen, die Eigenschaften und die Zusammensetzung der Militär-, Jagd-, Sport- und Manöverpulver angegeben werden. Die modernen Apparaturen sowie die neuesten Pulverarten werden beschrieben.

Unter „brisante Sprengmittel“ ist nach einer Besprechung der Anwendungsgebiete, der Beschaffenheit und der Eigenschaften das Herstellungsverfahren für alle Nitroverbindungen angegeben, wobei besonders die Herstellung der neueren Nitroverbindungen gebührend erwähnt ist. Die Fabrikation der Dynamite, der Gesteins- und schlagwettersicheren Sprengstoffe wird erschöpfend behandelt, auch die Chlorat- und Perchloratsprengstoffe sowie die Aluminium enthaltenden Sprengstoffe und die flüssige Luft, die im Kriege eine wesentliche Bedeutung gehabt hat, werden, den modernen Erfahrungen entsprechend, beschrieben.

Der Abschnitt 2 „Zündmittel“ gibt eine vollkommene Übersicht über Grundstoffe und die daraus zu fertigenden Sprengkapseln und Zündhütchen. Es folgt dann eine Beschreibung der Feuerwerksstoffe, Vorschriften über die Vernichtung von Sprengstoffen werden angeführt und die gesetzlichen Vorschriften und die Unfallverhütung werden behandelt.

Das Werk, über 500 Seiten enthaltend, stellt eine wertvolle Ergänzung der Explosivstoffliteratur dar, wird jedem, der sich für dieses Gebiet interessiert, über alle Fragen den gewünschten Aufschluß geben und sich die ihm gebührende Stellung in der Fachliteratur erobern.

O. Poppenberg, Berlin-Charlottenburg.

Schwarz, Dr. M. v., Legierungen. (Mit 45 Textabbildungen.) Sonderdruck aus Chemische Technologie der Neuzeit. 2. Auflage. Herausgegeben von Prof. Dr. Franz Peters, Charlottenburg. Stuttgart 1920 bei Fr. Enke. Preis M. 16,—.

Das 99 Seiten starke Heft ist ein Sonderdruck der erst später erscheinenden 2. Auflage der Chemischen Technologie der Neuzeit des inzwischen verstorbenen Dr. O. Dammer. In Anbetracht der Wichtigkeit der Legierungen für die Technik ist dieser Teil gesondert und früher im Buchhandel erschienen.

Das Büchlein ist genau zur Hälfte ausgefüllt mit einem alphabetischen Verzeichnis einer Unzahl technisch wichtiger Legierungen mit verschiedenen Angaben über Zusammensetzung, Festigkeit und sonstige Eigenschaften. Dieser offenbar sehr sorgfältig von M. v. Schwarz bearbeitete Teil wird sicherlich dem Techniker sehr willkommen sein. Soweit sich der Referent überzeugen konnte, sind die Angaben im allgemeinen zuverlässig, wenn auch solche große Zusammenstellungen naturgemäß immer mit Vorsicht aufzunehmen sind.

Die einleitenden, teils von Schwarz, teils von O. Dammer bearbeiteten Kapitel enthalten allgemeine

Angaben über Legierungen, ihre Herstellung und Eigenschaften und eine gesonderte Darstellung der wichtigsten Legierungstypen (Bronzen, Messing usw.).

Offenbar leidet die Einheitlichkeit der Darstellung etwas unter dem stetigen Wechsel des Autors, auch sonst muß gesagt werden, daß nicht alle Angaben auf der Höhe der Zeit stehen, die wohl als Beispiele gegebenen Schmelzdiagramme z. B. geben nicht immer den neuesten Stand der Forschung wieder. Man möchte fast sagen, die Arbeit gibt zu viel und zu wenig. Der Legierungsfachmann wird sich nicht befriedigt fühlen, der Techniker im allgemeinen mit zu viel Material überhäuft werden. Moderne Metallkunde wird man daraus nicht erlernen können, der Kundige wird manches aussetzen haben.

Die große Schwierigkeit der Aufgabe sei durchaus nicht verkannt und gern zugegeben, daß der Verf. das seine zu tun gesucht hat, um ihr gerecht zu werden. Besonders der schon erwähnten Legierungszusammensetzung wegen kann das Heft den Interessenten empfohlen werden.

W. Fraenkel, Frankfurt a. M.

Zsigmondy, R., Kolloidchemie. Chemische Technologie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von Prof. Dr. Arthur Binz (Frankfurt a. M.). Allgemeine chemische Technologie. 3. Auflage. Leipzig, Otto Spamer, 1920. Preis geb. M. 84,—.

Nichts beweist besser die allgemeine Aufmerksamkeit, die sich der Kolloidchemie zugewandt hat, als die Tatsache, daß Zsigmondys Kolloidchemie jetzt in einer dritten Auflage erschienen ist, nachdem die zweite vor nur zwei Jahren veröffentlicht wurde. Was dies Buch vielen Fachgenossen wie mir so wertvoll macht, ist der Sinn für das Wirkliche und Tatsächliche, der aus jeder Seite spricht. Nirgends philosophische Blässe, überall begegnet man unmittelbar den Naturerscheinungen selber, man spürt die Nähe gut ausgeführter Versuche, alles Chemische, namentlich auch Analytisch-Chemische, ist sorgfältig beschrieben und bedacht. Dieser große Vorzug wird manchmal fast zu einer Schwäche: bisweilen stehen Tatsachen ganz unvermittelt und vereinsamt da, obwohl sie zu einer theoretischen Verallgemeinerung drängen; aber der Verfasser verliert nie das Gefühl, wie leicht man gerade in der Kolloidchemie durch oberflächliches Gleichsetzen wesentliche Unterschiede zwischen zwei Erscheinungen verwischen kann.

Wichtige Fortschritte der letzten Jahre sind berücksichtigt, so die Eigenschaften des merkwürdigen Kongorubinsols, die Schulemann und Wo. Ostwald aufgedeckt haben, und die von Weigert gefundene, durch das Licht erzeugte Doppelbrechung der Photochloride. Besonders willkommen und wertvoll ist der von Scherrer geschriebene Schlußabschnitt über die Anwendung des röntgenspektroskopischen Verfahrens von Debye und Scherrer auf Gele; ein Verfahren, das für ein kolloidchemisches Laboratorium nicht minder wichtig sein wird wie die ultramikroskopische Untersuchung, wenn einmal die noch immer nicht unerheblichen Schwierigkeiten der Handhabung überwunden sind. Man findet eine Reihe von Ergebnissen, die hier zum ersten Male oder doch zum ersten Male ausführlicher mitgeteilt werden: der Nachweis, daß die Teilchen von Gold- und Silbersolen kristallinisch sind, daß gutes Glas durchaus amorph-fest ist, und daß die Baumwolle, allgemein die Zellulose, einen mikrokristallinen Bau hat. Zu letzterem Ergebnis waren gleichzeitig und unabhängig O. R. Herzog und W. Jancke gelangt. Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, wie wenig man aus den äußeren Kennzeichen allein schließen kann, ob ein fester Stoff kristallinisch oder amorph-fest ist;

daß aber deswegen doch nicht einfach jeder feste Stoff als kristallinisch anzusehen ist. Es gibt vielmehr einen amorph-festen Zustand, bei dem die Moleküle regellos gelagert sind und sich Atome bzw. Atomgruppen nicht wie bei den Kristallen in einem regelmäßigen Raumgitter eingeordnet finden.

H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Abegg, R., Handbuch der anorganischen Chemie, herausgegeben von Oberregierungsrat Dr. Fr. Auerbach. IV. Band, 1. Abt., 2. Hälfte. Leipzig, S. Hirzel, 1921. Preis geh. M. 170,—.

Ein neuer Band dieses Handbuches ist für jeden, der sich mit allgemeiner und anorganischer Chemie befaßt, eine besonders willkommene Gabe. Man hat beim Hineinblicken das Gefühl, als sähe man neue Bilder von alten Bekannten: Plastische Gestaltung und kräftige Schlagschatten lassen viele Züge und Eigenarten hervortreten, auf die man sonst weniger geachtet hat. Ein solches Sammelwerk bedeutet ja, gut ausgeführt, mehr als ein bloßes Zusammenstellen vertrauter Tatsachen, selbst wenn auf jede bewußte Verallgemeinerung verzichtet wird. Es werden doch in jedem Fall zerstreute Erfahrungen aneinandergerückt, Vergleiche drängen sich auf, die man sonst nicht bedacht hat, und manche Erscheinung rückt in ein neues Licht.

Der Band enthält die Nebengruppe der sechsten Gruppe des periodischen Systems, also die Elemente Chrom, Molybdän, Wolfram und Uran. Chrom, Molybdän und Wolfram wurden von Koppel bearbeitet, das Uran von R. J. Meyer. Die Erörterung der Atomgewichte hat J. Meyer durchgeführt, die Abschnitte über die Kolloidchemie dieser Elemente rühren von Jander her. Zum Schluß findet sich eine Darstellung der Heteropolysäuren aus der Feder Rosenheims. Dieses Kapitel, wie das über die Chromamine, scheinen dem Referenten in ihrer Verschmelzung von physiko-chemischer und Wernerscher Denkweise besonders gelungen.

Wie das neunzehnte Jahrhundert die Frage nach dem Bau der organischen Verbindungen löste, so steht das laufende vor der Aufgabe, den Bau der chemischen Elemente aufzuklären. Man erschrickt fast vor ihrer Schwierigkeit, wenn man die Fülle von chemischen Verbindungsmöglichkeiten überblickt, die allein bei einem Element, nun gar bei solchen wie Chrom, Molybdän oder Wolfram, vorhanden sind. Und doch ist diese Fülle auch ein Vorteil. Denn unter den vielen Stoffen mag sich der eine oder andere finden, der dank besonders ausgeprägter Eigenschaften zum Schlüssel für neue grundlegende Erkenntnisse werden kann.

Hoffentlich gelingt es den aufopfernden und unermüdlichen Anstrengungen Auerbachs und seiner Mitarbeiter bald, auch die noch fehlenden Bände erscheinen zu lassen; es ist namentlich die Gruppe der Platinmetalle, über die man sich, wie mir scheint, zurzeit nur schwer ein übersichtliches Bild verschaffen kann.

H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Sommerfeld, Arnold, Atombau und Spektrallinien. Braunschweig, Friedr. Vieweg, 1921. X, 583 S. und 109 Abbild. Preis geh. M. 38,—; geb. M. 48,—.

Gerade ein Jahr ist zwischen dem Erscheinen der ersten und zweiten Auflage des Buches verflossen, und man braucht nicht prophezeien zu können, um vorauszusagen, daß das Erscheinen der dritten Auflage sehr bald wieder nötig sein wird. Es ist daher überflüssig, den Lesern der *Naturwissenschaften* ein Buch noch besonders zu empfehlen, das so schnell sich einen großen Leserkreis in allen naturwissenschaftlich interessierten Kreisen, insbesondere bei den Physikern und

Chemikern, geschaffen hat. Der Zweck dieser Zeilen ist mehr ein Hinweis für die vielen, die im Besitz des Buches zu sein wünschen und bei der ersten Auflage zu spät gekommen sind. Wie groß das Interesse ist, das Sommerfelds Buch nicht nur in Deutschland, sondern auch im Ausland geweckt hat, und wie sehr es einem allgemeinen wissenschaftlichen Bedürfnis entgegenkommt, kann man beim Lesen der Zeitschriftenliteratur leicht aus der Häufigkeit der Hinweise auf dieses Buch als Belegstelle sowohl bei Freunden, wie bei den sich noch findenden Gegnern der auf den Anschauungen von Bohr aufbauenden neuen Atomphysik feststellen. In einigen Ländern, die der Zulassung deutscher Literatur noch Schwierigkeit zu bereiten wünschen, oder wo unsere Zeitschriften aus sonstigen Gründen nicht gelesen werden, stellt es sogar einen der wenigen Kanäle dar, die die Fortschritte deutscher Forschung hinüberleiten.

Über den Inhalt des Buches ist beim Erscheinen der ersten Auflage (*Die Naturwissenschaften* 1920, S. 423, 424) ausführlicher berichtet worden. Es genügt, hier kurz in Erinnerung zu rufen, daß es den augenblicklichen Stand der Forschung des Atom- und Molekülbau in ausgezeichneter Weise zusammenfaßt, was bei der besonders großen Förderung, die dieses Gebiet Sommerfeld selbst verdankt, naturgemäß erscheint. Für Nichtphysiker ist zum mindesten die erste Hälfte des Buches gut verständlich. Alle schwierigen mathematischen Entwicklungen sind in einen ergänzenden Anhang zusammengefaßt, der aber gerade hierdurch für Physiker von großer Wichtigkeit ist. Der Hauptinhalt des Buches ist in der neuen Auflage nur ganz wenig geändert; im Text ist nur eine Berechnungsmethode der Atomvolumina sowie eine Einleitung zur Theorie des Zeemaneffektes weggelassen, die dem Autor nicht genügend begründet zu sein schien. Dagegen sind einige Seiten Verbesserungen hinzugekommen, in denen unterdes erschienene Literatur berücksichtigt wird, z. B. die wichtigen neuen Arbeiten von Aston über die Isotopie nichtradioaktiver Elemente. Wesentlich erweitert und umgeändert sind dagegen die Zusätze und Ergänzungen am Schluß des Buches von Zusatz 8 an. Als besonders wertvoll ist hier die Bearbeitung des Bohrschen Korrespondenzprinzips und das neue Kapitel über Bandenspektren zu nennen. Es spricht für den Inhalt, daß bei dem so stark in der Entwicklung befindlichen Gebiet nicht mehr hat abgeändert werden müssen.

J. Franck, Göttingen.

Kauffmann, Hugo, Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Konstitution. (Chemie in Einzeldarstellungen, X. Band.) Stuttgart, Ferdinand Enke, 1920. XI, 421 S. Preis geh. M. 60,—; geb. M. 70,—.

Die Bestimmung physikalischer Eigenschaften an chemischen Verbindungen hatte ursprünglich nur das Ziel, die Stoffe einfach und sicher zu kennzeichnen. Später erst, als die allmählich angesammelten Daten einige gesetzmäßige Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung erkennen ließen, ging man dazu über, die physikalischen Konstanten systematisch zu bestimmen und für die Aufklärung chemischer Fragen zu verwenden; so entstanden die Grundlagen der physikalischen Chemie.

Bei der Betrachtung der Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und der Konstitution chemischer Stoffe kann man entweder physikalische oder chemische Gesichtspunkte in den Vordergrund rücken. H. Kauffmann hat den letzten Standpunkt gewählt:

er behandelt die physikalischen Eigenschaften nur, insofern sie unmittelbar zur Konstitutionsbestimmung verwertbar sind. Hierbei beschränkt er sich aber ausschließlich auf *organische Verbindungen* und faßt auch den Begriff „Konstitution“ durchaus in dem engeren Sinne, wie ihn die organische Chemie am vierwertigen Kohlenstoffatom entwickelt hat.

Der erste sehr umfangreiche Hauptabschnitt behandelt die Raumerfüllung (Molarvolumen) für gleiche Temperaturen und unter anderen Vergleichsbedingungen. Der zweite Abschnitt ist den thermischen Eigenschaften (Schmelzpunkt, Siedepunkt, spezifische Wärme) gewidmet, während der dritte sich mit der Kohäsion (Oberflächenspannung, Zähigkeit) beschäftigt. Von den optischen Eigenschaften (4. Abschnitt) werden nur Drehungsvermögen, Lichtabsorption und Fluoreszenz in den Kreis der Betrachtung gezogen, weil das Brechungsvermögen bereits von *Eisenlohr* in einem anderen Bande derselben Sammlung eingehend unter den gleichen Gesichtspunkten bearbeitet worden ist. Im fünften Abschnitt haben die elektrischen Eigenschaften (Leitvermögen, Dielektrizität, Doppelbrechung) ihren Platz gefunden und die magnetischen Erscheinungen (Magnetisierbarkeit, magnetische Doppelbrechung und Drehung der Polarisationsebene) umfassen den letzten Teil des Werkes. Auffälligerweise sind die Beziehungen zwischen Kristallform und Konstitution ganz fortgelassen und auch eine Bearbeitung der kritischen Daten habe ich vermißt.

Die Darstellung geht überall von den beobachteten Tatsachen aus, die in umfangreichen Tabellen zusammengestellt sind; an diese knüpfen sich dann die Erörterungen über die vorhandenen Gesetzmäßigkeiten an. Schon die Aufstellung und Ordnung der Tabellen stellt eine bedeutende Arbeitsleistung dar, weil viele der vorhandenen Daten — besonders die älteren — nur mit vorsichtiger Kritik zu verwerten waren, und erst mancherlei Umrechnungen die Zahlen zu Vergleichen brauchbar machen konnten. Überdies aber ist es dem Verfasser, der auch an dem experimentellen Ausbau einiger der behandelten Gebiete erfolgreich teilgenommen hat, gelungen, an manchen Stellen die bekannten Gesetzmäßigkeiten zu erweitern und zu vertiefen.

Das *Kauffmannsche* Werk wird in erster Linie dem organischen Chemiker von Nutzen sein, wenn er bemüht ist, aus physikalischen Konstanten die Konstitution organischer Verbindungen zu erschließen oder mit ihrer Hilfe seine chemische Beweisführung zu stützen.

Den physikalischen Chemiker muß dies Buch nachdenklich stimmen; zwar kann er die Anordnung der Atome in den Kristallen erschließen, die Elektronenbahnen berechnen und beginnt auch in die Geheimnisse des Atomkernes einzudringen, aber den scheinbar viel größeren Problemen, die hier behandelt werden, steht er ziemlich ratlos gegenüber. Für den Zusammenhang der physikalischen Eigenschaften und der chemischen Konstitution kennen wir — mit alleiniger Ausnahme der optischen Drehung, bei der die Theorie des asymmetrischen Kohlenstoffatoms tiefer eindringt — nur eine Anzahl von Regeln und Gesetzmäßigkeiten von meist sehr beschränktem Geltungsbereich und mit zahlreichen Abweichungen. Daß in letzter Linie alle physikalischen Eigenschaften der Stoffe von ihrer Konstitution in eindeutiger Weise bestimmt werden und demnach auch der genauen mathematischen Behandlung zugänglich sein müssen, unterliegt — selbst abgesehen von den bekannten empirischen Regeln — keinem Zweifel; woher mag es also kommen, daß dies älteste

Gebiet der physikalischen Chemie so wenig fortgeschritten ist? Z. T. liegt das sicherlich daran, daß diese Fragen anderen gegenüber in den letzten Jahrzehnten von untergeordneter Bedeutung zu sein schienen, z. T. aber ist es sicherlich darauf zurückzuführen, daß die Daten in überwiegender Zahl — vielfach nur gelegentlich — von organischen Chemikern ermittelt wurden, die selbst nur geringes Interesse daran hatten, über den Kreis ihrer Konstitutionsforschung hinauszugehen; dadurch blieben zahlreiche Beobachtungen den zuständigen physikalischen Chemikern nur schwer zugänglich.

Dies letzte Hindernis ist durch *Kauffmanns* Buch nun hinweggeräumt. Ein wohlgeordnetes, kritisch gesichtetes und mit allen notwendigen Erläuterungen aus der organischen Chemie versehenes Tatsachenmaterial liegt zur Bearbeitung vom physikalisch-chemischen Standpunkte bereit, und es bedarf nur der eingehenden Analyse und einiger genialer Gedanken, um die Empirie der Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Konstitution der Stoffe in wohlgegründete Theorien zu verwandeln.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Moser, Ludwig, Die Reindarstellung von Gasen. Ein Hilfsbuch für das Arbeiten im Laboratorium. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1920. XII, 173 S. und 70 Abbildungen. Preis geh. M. 36,—.

Im ersten Teile dieses Werkes werden die Apparate zur Darstellung, Reinigung, Messung und Aufbewahrung von Gasen sowie die erforderlichen Reagenzien in Kürze beschrieben. Der viel umfangreichere zweite Teil befaßt sich mit der Reindarstellung einer großen Anzahl von Gasen für den Laboratoriumsgebrauch. In jedem Falle schildert der Verfasser die verschiedenen Darstellungsmethoden, soweit sie praktisch verwendbar sind, nebst der notwendigen Apparatur, macht sodann auf die möglichen Verunreinigungen aufmerksam und gibt eingehend die Mittel zu deren Beseitigung an. *L. Moser* weist in der Vorrede auf die Schwierigkeiten hin, denen man begegnet, wenn man sich aus den meist unübersichtlichen und unkritischen Angaben der Handbücher ein Verfahren zur Darstellung eines bestimmten reinen Gases herausuchen will, und begründet hiermit die Herausgabe dieses Werkes. Man kann ihm durchaus zustimmen und auch feststellen, daß seine Absicht, ein „praktisches“ Buch zu schreiben, durchweg gelungen ist; in jedem Falle wird man ohne langes Suchen und Vergleichen das benötigte Verfahren finden. In der Auswahl des Stoffes war *Moser* ziemlich weitherzig; er hat viele Gase (z. B. Germaniumwasserstoff, die Silane, die Borwasserstoffe) aufgenommen, die man nicht als „Gebrauchsgase“ bezeichnen kann, andererseits findet man über die in der Technik gebräuchlichen Darstellungs- und Reinigungsverfahren fast nichts. Dies ist sehr zu bedauern, denn bei der großen Bedeutung, die heute den Gasen in der Industrie zukommt, verfügt sie sicher über zahlreiche Verfahren und Erfahrungen, die in jedem Laboratorium von größtem Interesse wären und die daher auch ein „Hilfsbuch für das Arbeiten im Laboratorium“ enthalten sollte. Aber die Technik ist schweigsam und der erwähnte Mangel kann daher nur zum geringen Teil dem Verfasser zur Last gelegt werden. Immerhin würde ich für eine Neubearbeitung des Werkes empfehlen, wenigstens alles das, was in der Literatur über technische Darstellung und Reinigung der Gase bekannt geworden ist, nach gehöriger kritischer Sichtung, soweit es für das Laboratorium brauchbar erscheint, mit aufzunehmen.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Chemiker-Kalender 1921. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. — Begründet von R. Biedermann. Neubearbeitet von W. Roth (Braunschweig). 42. Jahrgang. Zwei Bände (502 und 520 S.). Berlin, Julius Springer, 1921. Preis geb. M. 42,—.

Gegenüber dem an dieser Stelle (Naturwissenschaften 1920, 425) vor einem Jahre eingehend gewürdigten 41. Jahrgang ist eine Reihe von Veränderungen zu verzeichnen: Tabelle 7 „Eigenschaften organischer Verbindungen“ ist von Skraup (Würzburg) neu bearbeitet und erheblich erweitert worden. Den Abschnitt „Radioaktivität“ hat Geiger (Charlottenburg) völlig umgestaltet; Thermochemie, Optik, Elektrochemie, Physiologische Chemie sind z. T. erneut und ausgedehnt worden. Ein Abschnitt „Rechenschieber“ ist dem mathematischen Teil eingegliedert, dafür sind einige weniger wichtige Tabellen fortgelassen worden. Allerdings hätte der Herausgeber im Ausräumen noch energischer vorgehen können, ohne dem Wert des Buches Abbruch zu tun; es wäre dann vielleicht die starke Erweiterung des Umfangs zu vermeiden gewesen, die ohne Zweifel wesentlich zu der erheblichen Preissteigerung beigetragen hat.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Zuschriften an die Herausgeber.

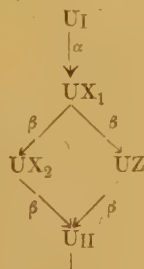
Über den Ursprung von Uran Z₂.

(Otto Hahns Uran Z.)

Gerhard Kirsch¹⁾ hat vor einiger Zeit eine Arbeit veröffentlicht, in welcher er auf Grund von verschiedenen Annahmen zu dem Schlusse gelangt, daß die Actiniumreihe nicht genetisch mit der Uranreihe zusammenhängt. Weiter wird in dieser Arbeit die Anschauung geäußert, daß zwischen Uran Y und Protactinium eine Anzahl Zwischenglieder existieren müssen.

Vor einigen Tagen hat dann Otto Hahn²⁾ eine Mitteilung veröffentlicht, aus der hervorgeht, daß es Hahn gelungen ist, ein neues radioaktives Element, das Uran Z, aus Uransalzen abzutrennen. Uran Z ist ein Isotop des Protactiniums und sendet β -Strahlen von nicht sehr großer Durchdringungsfähigkeit aus. Die Herstellung des Uran Z wird nach derselben Arbeitsmethode durchgeführt, wie sie früher von O. Hahn und L. Meitner zur Abscheidung des Protactiniums benutzt wurde.

Die Muttersubstanz des Uran Z (fünfwertig) muß entweder ein vierwertiger β -Strahler oder ein siebenwertiger α -Strahler sein. Da ersteres viel wahrscheinlicher ist, so vermutet O. Hahn, daß entweder Uran X₁ oder Uran Y Mutterelemente der neuen Substanz sind. Nach Experimentaluntersuchungen Hahns scheidet Uran Y aus der Reihe der möglichen Mutterelemente aus, so daß allein Uran X₁ als Muttersubstanz anzusehen ist. O. Hahn veranschaulicht das durch das Schema

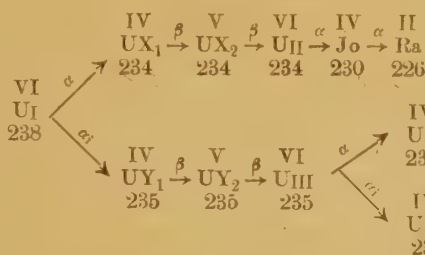


Gegen dieses Zerfallsschema muß aber ein Einwand erhoben werden. Der duale β -Zerfall von Uran X₁ ist noch niemals beobachtet worden. Würde dieses Zerfallsschema auf Grund von noch ausstehenden experimentellen Ergebnissen als richtig erkannt werden, so würde damit ein von St. Meyer seinerzeit für möglich gehaltenes Isotop „höherer Ordnung“ gefunden worden sein.

Otto Hahn äußert sich über eine zweite Entstellungsmöglichkeit von Uran Z folgendermaßen: „Sollte es sich dagegen herausstellen, daß Uran X₁ nicht die Muttersubstanz von Uran Z ist, so hätte man ein mit Uran X₁ isotopes Element anzunehmen, für dessen Ursprung dann nur ein neues Uranisotop in Frage käme.“

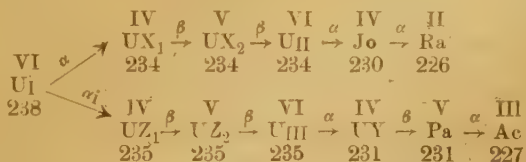
Betrachtet man die Anschauungen von G. Kirsch und O. Hahn, so drängen sich zwei mögliche Umwandlungsreihen auf, die den Forderungen dieser beiden Autoren halbwegs gerecht werden. Da es noch immer nicht ganz sicher entschieden ist, daß die Actiniumreihe aus dem Uran II entsteht, kann man, falls die Abzweigung bei Uran I stattfinden sollte, das folgende Umwandlungsschema für möglich halten:

Schema I.



In diesem Zerfallsschema ist das neue Heliumisotop von der Masse 3 verwertet, da eine duale α -Umwandlung sehr unwahrscheinlich ist. Das Heliumisotop wird von Rutherford mit X₃ bezeichnet. Um seine Ähnlichkeit mit dem α -Teilchen auszudrücken, haben wir es mit α_1 bezeichnet (Iso- α -Teilchen). In obigem Schema ist das jetzt aufgefundene Uran Z (als UZ₂ bezeichnet) in einer der Arbeit von Hahn entsprechenden Weise untergebracht. Die Wahrscheinlichkeit, daß Actinium doch aus Uran II entsteht, ist aber sehr groß. Aus diesem und anderen Gründen halten wir Zerfallsschema I für sehr wenig wahrscheinlich. Hält man aber an der Abstammung des Actiniums aus Uran I fest, so könnte noch folgendes Umwandlungsschema in Betracht gezogen werden:

Schema II.



UZ₂ wäre das von Otto Hahn entdeckte Radioelement. Das Schema erfüllt zum Teil die Forderungen von G. Kirsch. Das Verzweungsverhältnis würde sich für diese neue Actiniumreihe zu 3,33...% ergeben. Eine Entscheidung über die Möglichkeit der Existenz dieser Zerfallsreihe möchten wir erst nach Bekanntwerden der noch ausstehenden experimentellen Ergebnisse treffen.

Nimmt man aber an, daß das Actinium aus Uran II entsteht, so erhält man das Schema III.

¹⁾ Phys. Ztschr. 21, 452—56, 1920.

²⁾ Die Naturwissenschaften 9, 84, 1920; Nr. 5.

Über die Hydrolyse der Zellulose.

Von Yrjö Kauko.

(Vorläufige Mitteilung.)

Ost¹⁾ und später Willstätter²⁾ haben eine Reihe von Arbeiten veröffentlicht, in denen sie sich mit der Hydrolyse der Zellulose durch Schwefel- und Salzsäure befassen. Es zeigte sich dabei, daß die Salzsäuremenge groß im Verhältnis zur Zellulose sein mußte, um diese vor der Zersetzung zu bewahren.

Der Verfasser hat sich einige Zeit mit dem Wesen der Zellulosehydrolyse und mit ihrer reaktionskinetischen Deutung beschäftigt.

In diesem Zusammenhange war es wichtig, die Hydrolyse unter günstigeren Bedingungen, als sie die Arbeitsweise von Willstätter voraussetzte, durchführen zu können. U. a. wurden Versuche angestellt, bei denen mit sehr geringen Salzsäurekonzentrationen gearbeitet wurde. Wenn Ost's Auffassung richtig ist, muß natürlich die Reaktionsgeschwindigkeit und auch die Zersetzungsgeschwindigkeit von Glykose von der Temperatur abhängig sein. Die Zersetzungsgeschwindigkeit der Glykose nimmt mit der Konzentration zu, aber sollte wohl von der Temperatur abhängig sein. Es wurden deswegen Versuche angestellt, bei denen die Zellulosehydrolyse bei 0° Cels. vorgenommen wurde. Es war aber nicht möglich, gute Resultate mit konzentrierter Salzsäure in kleinen Mengen zu erreichen.

Weiter wurde versucht, feuchte Zellulose mit Chlorwasserstoff zu sättigen, und wenn dies in der Kälte vorgenommen wurde, dann stellte sich heraus, daß innerhalb 20 Minuten die Zellulose sich in einer Säuremenge löste, die dadurch entstanden war, daß pro g Zellulose 2 g Wasser genommen wurden. Die Lösung war dickflüssig und manchmal vollkommen farblos, färbte sich in einigen Fällen mit der Zeit schwach gelb. Die Lösung blieb sogar 40 Stunden stehen, ohne daß gefärbte Zersetzungsprodukte zu beobachten waren.

Die sehr konzentrierte Zellosalzsäurelösung wurde mit der Zeit dünnflüssiger, woraus man schließen könnte, daß dabei eine Zersetzung der großen Zellulosemoleküle in kleinere stattgefunden habe. Die Reaktion wurde durch die Reduktionsgeschwindigkeit der Salzsäurelösung verfolgt. Es wurde dabei beobachtet, daß die Reaktionsgeschwindigkeit in bezug auf Fehlingsche Lösung mit der Zeit zunahm, zahlenmäßig wurde die Reduktionsgeschwindigkeit dadurch angegeben, daß das ausgefällte Kupfer auf Glukose berechnet, und diese als Prozente der theoretisch möglichen Ausbeute angegeben wurde. So wurde sogar nach 40 stündigem Stehen nur etwa 40—60 % Glukose der Theorie erhalten.

Wenn die Glukose sich zersetzt hätte, so wäre eine starke Färbung der entstandenen Humusstoffe zu beobachten gewesen. Dies war aber nicht der Fall. Daher mußten die entstandenen Stoffe noch unzersetzt in der Lösung sein. Um dies zu prüfen, wurde eine Versuchsreihe angeführt, bei der die entstandenen Lösungen verdünnt wurden und nachträglich im Autoklaven nach der Methode von König der Zucker bestimmt wurde. Auf diese Art ist die nachstehende Fig. 1 entstanden, aus ihr ist ersichtlich, daß bei unserer Behandlung Zellulose bei der Anfangshydrolyse in Stoffe übergeht, welche bei nachträglicher Behandlung im Autoklaven sich in Glukose umwandeln. Die Bildung solcher Stoffe ist abhängig von

der Reaktionszeit: je länger diese dauert, desto mehr entstehen davon. Mit der Zeit stellt sich ein Gleichgewicht ein, welches etwa 90 % der Theorie an Glukose ergeben kann. Derselbe Versuch wurde bei 13° C wiederholt; es zeigte sich (Fig. 2), daß die Glukoseausbeute dieselbe ist, aber daß die Kurve sehr steil ist, so daß schon nach vierstündiger Wirkung etwa 80 % Glukose erhalten worden waren. Die maximale Ausbeute blieb dann bei 40stündiger Wirkung ziemlich gleich.

Aus diesen Versuchen war zu ersehen, daß der maßgebende Prozeß bei der Hydrolyse der Zellulose eine chemische Reaktion war. Der Temperaturkoeffizient ist ja augenscheinlich viel zu groß, um den Prozeß als Funktion der Lösungsgeschwindigkeit auffassen zu können. Die Betrachtungen der Versuchskurven führen

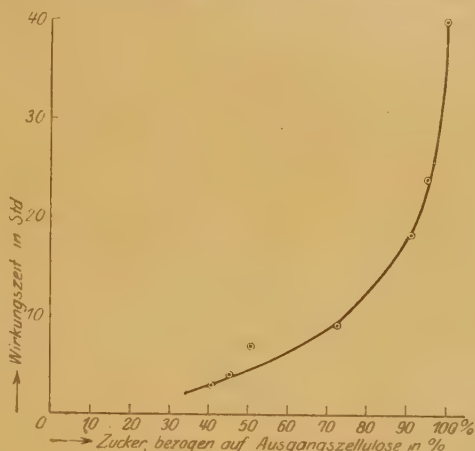


Fig. 1.

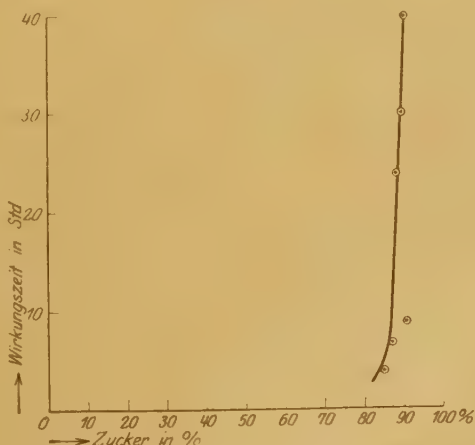


Fig. 2.

zu der Annahme, daß sich bei der Hydrolyse ein Glukosezustand einstellt. Vielleicht wäre der Verlauf der Kurve auch so zu deuten, daß bei der hydrolytischen Spaltung der Zellulosemoleküle irgendwelche Stufen bei der tiefen Temperatur sehr langsam verlaufen.

Wenn die Lösung nach 24stündigem Stehen mit Wasser verdünnt wird, fällt ein Produkt in kleinen Mengen aus, wahrscheinlich sogen. Hydrozellulose. Es entspricht augenscheinlich den 10 %, um welche die Glukoseausbeute hinter der Theorie zurückbleibt. Weiter läßt sich aus der Salzsäurelösung mit absolutem Alkohol ein Körper ausfällen, der Zellulose nahesteht.

¹⁾ Chem. Ztg. 34, 461—62, 3/5. — Zeitschr. f. angew. Ch. 25, 1467—70, 19/7.

²⁾ Berichte d. D. chem. Ges. 46, 2401—12, 26/7.

Ferner wurden als Glukose isoliert etwa 20 % der Gesamtmenge.

Wird die ursprüngliche Wassermenge zur Befeuchtung der Zellulose vergrößert, so nimmt die Glukoseausbeute schnell zu. Diese Erscheinung ist mit der Annahme, daß sich bei der Zellulosehydrolyse ein Gleichgewichtszustand einstellt, vereinbar. Bei der Zellulosehydrolyse ist ja die Moleküzahl der entstehenden Stoffe viel größer, als die der verschwindenden.

Um diese Versuche mit denjenigen von Ost in Einklang zu bringen, wurde der Vorgang bei der Chlorwasserstoffsättigung verfolgt. Es wurde die für die Sättigung nötige HCl-Menge quantitativ bestimmt, wobei sich herausstellte, daß die absorbierte Chlorwasserstoffmenge größer ist, als der noch vorhandenen Salzsäurekonzentration entspricht. Der Überschuß von Chlorwasserstoff hängt von der Zellulosemenge ab und betrug in vielen Fällen auf 6 Atome Kohlenstoff zwei Moleküle Chlorwasserstoff. Dieser Versuch ist dahin zu deuten, daß die Zellulose in der Chlorwasserstofflösung eine Additionsverbindung mit HCl bildet. Diese Chlorwasserstoffverbindung der Zellulose hat eine bestimmte Zersetzungsspannung, und die Salzsäurekonzentration muß einem Partialdruck der HCl entsprechen, der wenigstens ebenso groß ist, wie diese Zersetzungsspannung und zerfällt in kleinere Moleküle. Die Zerspaltung der Zellulosemoleküle kann je nach dem Lösungsmittel (Benzol, Äther usw.) verschiedene Wege einschlagen. So z. B. hat der Verfasser in Äther und Benzollösungen ganz andere Stoffe als in HCl-Lösung erhalten.

Weiter konnten wir beobachten, daß die bereits erwähnte Temperatur eine große Rolle bei der Hydrolyse der Zellulose spielt. Wenn z. B. eine Temperatur über 13° bei der oben erwähnten Hydrolyse angewandt wird, dann entstehen sehr schnell dunkel gefärbte Zersetzungsprodukte. Das ist so zu deuten, daß bei der Zellulosehydrolyse bei tiefer Temperatur die Glukosezersehung sehr langsam vor sich geht und bei höheren Temperaturen eine erhöhte Geschwindigkeit hat, oder daß das Gleichgewicht sich zugunsten der Glukose verschoben hat, sodaß durch die erhöhte Glukosekonzentration auch die Zersetzungsgeschwindigkeit größer wird, oder daß überhaupt kein Gleichgewicht bei Zellulosehydrolyse vorhanden ist, sondern daß die scheinbare Gleichgewichtslage bloß mit einer geringen Geschwindigkeit von einer oder einigen Zersetzungsstufen zusammenhängt. Das ist eine Frage, welche vorläufig dahingestellt bleiben soll.

Es ist schon erwähnt worden, daß die Glukoseausbeute mit zunehmender Salzsäuremenge stark zunimmt, sodaß die quantitative Bestimmung der Zellulose durch die Hydrolyse mit großen Mengen Chlorwasserstoff möglich ist.

Die ganze Frage wird in dem hiesigen Laboratorium in größerem Umfange bearbeitet. Da die Ergebnisse große technische Bedeutung haben können, ist das Patent angemeldet worden.

Bei dieser Arbeit haben mich die Herren Dr. *Hans Lange* und Dipl.-Ing. *Emil Vanamo* unterstützt.

Tammerfors, den 27. Dezember 1920.

P. S. Diese Hydrolysenmethode von der Zellulose ist bei verschiedenen kohlehydrathaltigen Naturprodukten angewandt und in allen Fällen festgestellt worden, daß überall ca. 90 % oder mehr an Glukose gewonnen werden.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 5. März 1921 hielt Professor *G. Braun* (Greifswald) einen Vortrag über die **Alandsfrage und andere politisch-geographische Probleme des Nordens**. Der Begriff der politischen Geographie ist von *F. Ratzel* 1896 fest umrissen worden. Nach ihm ist „der Staat und sein Boden geographisch betrachtet“ als Inhalt der politischen Geographie aufzufassen, welche somit die Beziehungen der Geographie zu den Staatswissenschaften pflegt und die grundlegenden Elemente im Boden und Staat studiert. *Kjellén* hat den Ausdruck Geopolitik geprägt. In ähnlicher Weise wie die Linien der Flußläufe für die morphologische Betrachtung eines Gebietes maßgebend sind, spielen in der politischen Geographie die Grenzen eine wichtige Rolle.

Das Problem, dem sich der Vortragende im speziellen zuwandte, ist in Fennoskandia lokalisiert, jenem großen, aus alten, archaischen Gesteinen bestehenden baltischen Schilde, der sowohl Schweden wie Finland umfaßt. Dieses Gebiet ist außer durch den gemeinsamen geologischen Unterbau auch noch durch das Ereignis der großen nordischen Eiszeit zu einer Einheit verschmolzen worden, indem durch die diluviale Gletscherbedeckung alles organische Leben vernichtet wurde, so daß nach dem Abschmelzen der Eismassen ein freier Raum der neuen einheitlichen Besiedelung durch Pflanzen, Tiere und Mensch offen stand. In der Stein- und der Metallzeit finden wir daher fast im ganzen Ostseengebiet eine einheitliche Kultur. Später schoben sich von Süden her die Slawen, einschließlich der Letten und Litauer vor, zu denen sich noch ein mongolisch-ugrischer Volksstamm, die Finnen, einschließlich der Esthen und Liven, gesellte. Durch die Union von Kalmar wurden 1397 alle drei nordischen Reiche vereinigt, bis Schweden um die Mitte des 16. Jahrhunderts begann, sich eine Großmachtstellung zu erringen. Am Skagerrak sowohl wie in der Mitte der skandinavischen Halbinsel, bei Drontheim, erreichte Schweden den Zugang zum offenen Ozean. Im Westen entsteht der dänisch-norwegische Staat, im Osten faßt Rußland unter Peter dem Großen festen Fuß, erhält 1721 die Ostseeprovinzen, und 1809 fällt ihm auch Finland zu.

Die Grenzprobleme dieses letztgenannten Landes sind: im Westen die Frage der Alandsinseln, im Osten die Karelische Grenze und im Norden der Zugang zum offenen Weltmeere bei Petschenga.

Die diplomatisch-politische Vorgeschichte der **Alandsfrage** datiert seit 1809. Im Krimkrieg versuchte 1854 eine englisch-französische Flotte vergeblich, sich auf den Inseln festzusetzen. Im Frieden wurde den Russen die Anlage von Befestigungswerken untersagt, eine Bestimmung, gegen die sie erst während des Weltkrieges verstießen. Inzwischen hatte sich jedoch Finland selbständig gemacht, die Äländer traten zu 70 % für einen Anschluß an Schweden ein, Finland suchte Hilfe bei Deutschland, und tatsächlich landeten deutsche Truppen im März 1918 auf Aland. Augenblicklich ist die politische Lage so, daß Finland sich weigert, auf Aland zu verzichten, Schweden den Völkerbund angerufen hat und Aland selbst Volksabstimmung verlangt. Vom geographischen Standpunkt aus kann es keinem Zweifel unterliegen, daß Aland morphologisch zu Finland gehört. Die Inseln liegen zwar ziemlich in der Mitte zwischen der schwedischen Ostküste bei Stockholm und der finnischen Westküste, aber jede genaue Karte zeigt den durch Hunderte von kleinen Inseln und Klippen (Schären) hergestellten Zusammenhang mit der finnischen Schärenküste. Jede Tiefen-

karte beweist auch, daß dieser äußerliche Zusammenhang durch die Bodenformen des Meeres innerlich begründet ist, da zwischen der Inselgruppe und Schweden Tiefen bis zu 300 m vorkommen, während der untermeerische Sockel, auf dem sich die Inseln erheben, ohne Unterbrechung bis zur finnischen Küste reicht. Durchschnittlich vier bis fünf Monate lang verbindet eine feste, geschlossene Eiskecke Åland mit Finland, während die Eisverbindung nach Schweden hinüber viel unsicherer ist und nur einen bis zwei Monate währt. Andererseits läßt sich nicht leugnen, daß Åland zu dem schwedischen Sprachgebiet gehört, das den ganzen Südsaum Finlands einnimmt. Für das endgültige Schicksal des Archipels werden aber wohl die geographischen Verhältnisse ebensowenig wie die Rücksicht auf die 25 000 Einwohner maßgebend sein, sondern vielmehr politische Machtfragen. Beherrschen die Ålandsinseln doch den Zugang zum Finnischen wie zum Bottnischen Meerbusen und damit die Seewege der schwedischen Erzdampfer wie der Holztransporte sowie die Zugänge nach Petersburg wie nach Stockholm. Hier sind also verschiedene europäische Großmächte an der Lösung der Frage in hohem Maße interessiert.

Einfacher liegt die *Karelische Frage*, weil sie nur zwischen Finland und Sowjetrußland schwebt. Ostkarelien, der östlich an Finland anschließende Teil von Rußland, bildet eine Fortsetzung des baltischen Schildes und zeigt auch in klimatischer wie pflanzengeographischer Hinsicht einen einheitlichen Charakter. Finland erhebt Anspruch auf Ostkarelien bis zum Weißen Meer auf Grund der Tatsache, daß hier eine vorwiegend finnisch sprechende Bevölkerung lebt. Im Frieden von Dorpat hat Rußland im Oktober 1920 zwar ein kleines Stück im äußersten Norden abgetreten, doch weigert es sich im übrigen, den Wünschen Finlands nachzukommen, weil die wichtige Murmanbahn, die Rußland den einzigen Zugang zum offenen Ozean vermittelt, durch diese Landschaft führt.

Dagegen hat Rußland das *Petschengagebiet*, einen kleinen Landstreifen im norwegisch-finnisch-russischen Grenzdistrikt, an Finland abgetreten, das damit ebenfalls einen Zugang zum offenen Meere erhalten hat, der für die Einfuhr nach dem unter ständiger Hungersnot leidenden Nordfinland von Bedeutung ist. Hier leben im wesentlichen nomadisierende und Fischfang treibende Lappen.

O. B.

Sedimente der Becken werden aus süßen und brackischen jungtertiären Gesteinen aufgebaut.

Zwischen den ebenen Flächen ragen die vorwiegend aus kristallinen Gesteinen und Schichten des Karbons, Perms, der Kreide und des Eocäns gebildeten Gebirgsketten empor. Auf diesen, z. B. dem Taurus, liegen horizontal ausgebreitet jungtertiäre Gesteine in 2000 m Meereshöhe. Daraus folgt: Nach der Faltung, die, weil das ältere Tertiär von ihr noch miterfaßt worden ist, etwa im Oligocän erfolgt sein muß, hat über das eben entstandene Faltengebirge hin eine marine Transgression stattgefunden. Es haben sich dann die neogenen Gesteine abgelagert, die heute in der Hauptsache die Becken erfüllen, z. T. aber auch ungleichförmig auf den Gebirgsketten aufrufen.

Die Entstehung der Becken wird gewöhnlich so erklärt, daß nach Schluß der neogenen Ablagerungsperiode das ganze Land eine Hebung um mindestens 2000 m erfuhr, in welcher Höhe heute noch die neogenen Schichten vorgefunden werden; erst dann erfolgte der Einsturz jener Becken. Diese einander ablösende Auf- und Abwärtsbewegung will *Fliegel* nicht gelten lassen. Er betrachtet das ganze Land als ein Schollenmosaik, bei dessen Aufstieg die einzelnen Schollen in verschiedener Höhenlage halt machten und so die Anlage der heutigen Becken bildeten. Die Ausräumung der Becken begann, als sich im Diluvium die heutige Küste durch Einstürze bildete, wodurch die Erosionsbasis der Flüsse eine erhebliche Vertiefung erfuhr. Heute sind wir Zeugen der schrittweise vor sich gehenden Erosion der Becken.

Herr *Wunstorff* sprach über den **Bau des Erkelenzer Steinkohlenbezirkes**. Das Erkelenzer Steinkohlenggebiet stellt einen schmalen Horst vor, der etwa in nordnordwestlicher Richtung verläuft und zwischen dem Aachener Kohlenbecken und dem Rheintal gelegen ist. Das Gebiet ist anscheinend isoliert und namentlich nach dem Aachener Gebiet besteht kein Zusammenhang. Im ganzen sind die Karbonschichten flach gefaltet; eine solche flache Aufsattelung besteht im südlichen Teil des Gebietes, wo man die tieferen Karbonschichten unter den jüngeren Deckschichten erbohrt hat. Auch weiter im Norden verlaufen ähnliche Aufsattelungen etwa in nordnordöstlicher Richtung. Die bisher erbohrten Schichten umfassen die Steinkohlenschichten von den obersten Teilen der Fettkohlenpartie an bis etwa in die Mitte der Magerkohlenpartie hinein, insgesamt also 800 m flözführende Schichten.

Wichtiger als die Faltung ist die Schollengliederung des Bezirkes. Der ganze Raum zwischen Eifel und dem rechtsrheinischen Schiefergebirge zerfällt in eine Reihe von Schollen, von denen jede einzelne recht bemerkenswerte Besonderheiten in der Mächtigkeit und Zusammensetzung sowohl der Deckschichten wie auch des Karbons zeigt. Auf dem Karbon lagert in der Regel das Senon, doch kommen auch in einzelnen grabenartig versenkten Schollen triadische Schichten zwischen dem Karbon und der Kreide vor. Vom Tertiär fehlt das Eocän, während die anderen Stufen in bisweilen sehr beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt sind. Zwischen der Verbreitung des Tertiärs und der Tektonik der Horste und Gräben besteht ein Zusammenhang. Jede Tertiärstufe transgredierte nach Süden und damit im Zusammenhang erfolgten Bewegungen der einzelnen Schollen. Darauf ist die recht verschiedenartige Mächtigkeit der Tertiärstufen in den verschiedenen Schollen zurückzuführen. Bei diesem Verhalten der Schollen muß man annehmen, daß nicht in jeder das flözführende Karbon entwickelt ist, so daß

Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin.

In der Sitzung am 2. März 1921 sprach Herr *Fliegel* über **Landschaftsformen in Kleinasien**: Die Landschaftsformen Kleasiens sind durch zwei Eigentümlichkeiten ausgezeichnet: Einmal hochaufragende Gebirgsketten und dann dazwischen weite ebene Becken. Zwei Typen lassen sich unter den Becken erkennen. Die eine Art ist noch heute abflußlos und mit Sedimenten vollkommen eben ausgefüllt, die andere Art ist zum Teil bereits wieder ausgeräumt, zeigt dann eine weitgespannte Terrassenbildung und läßt an den angeschnittenen Schichtenserien den inneren Bau gut erkennen; es handelt sich dann stets um flache bis sehr gering geneigte Schichtenlagerung. Die erste abflußlose Art zeigt in ihren salzigen Gebieten mancherlei Anklänge an Steppen- und Halbwüstenklima und ist in der Hauptsache auf das Innere des Landes beschränkt. Etwa ein Drittel bis ein Viertel des Landes wird von den Becken eingenommen. Die

mit einem unbedingten Zusammenhang des Aachener und westfälischen Kohlengebietes im Untergrund der niederrheinischen Bucht nicht gerechnet werden darf.

Die erwähnten Schollenbewegungen haben sich bis in die neuere Zeit fortgesetzt und sind im Diluvium noch sicher nachzuweisen. Ob sie auch in der Gegenwart noch fortbestehen, wird zwar vielfach behauptet, ist aber noch nicht zweifelsfrei erwiesen. Um die Frage, an der auch der Bergbau ein lebhaftes Interesse nimmt, der Klärung näher zu führen, beabsichtigt neuerdings die preußische in gemeinsamem Vorgehen mit der holländischen Regierung ein Präzisionsnivelement quer durch das niederrheinische Tiefland zu legen.

W. K.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Urwald-Veld-Wüste (Leo Waibel, Breslau, 1921). Dem gleichzeitig veröffentlichten und an dieser Stelle besprochenen Urwaldbüchlein von Voltz (Im Dämmer des Rimba) nicht unähnlich ist der Rückblick Waibels auf seine durch den Krieg unvorhergesehen weit ausgedehnten Reisen in unseren ehemaligen Kolonien Kamerun und Südwest. Auch er versucht, die typischen Landschaften dieser Gebiete, tropischen Wald, Savanne, Steppe und Wüste, also die großen Landschaften Afrikas überhaupt, in eindrucksvollen, alle dem Reisenden sich offenbarenden Erscheinungen umfassenden Gemälden zu veranschaulichen und den Leser bei gleichzeitiger exakter Darstellung aller grundlegenden Beobachtungstatsachen auch die Stimmungen mit erleben zu lassen, die er empfand. Und dies ist ihm gelungen. Daneben ist — wie bei Voltz — das Bestreben unverkennbar, auch auf die großen Zusammenhänge biogeographischer und ethnologischer Natur aufmerksam zu machen. So ist bei der Schilderung des äquatorialen Urwaldgürtels auf die Bedingtheit tierischer und menschlicher Zwergformen, auf die notwendige Bildung kleinräumigster Gemeinschaften hingewiesen, bei der Savanne die Periodizität des Klimas nicht nur in ihrem Einflusse auf die Landschaft, sondern auch auf die Lebensweise von Pflanze, Tier und Mensch ins rechte Licht gestellt usw. — Am tiefsten empfunden und eindrucksvollsten sind die Abschnitte über die südwestafrikanischen Landschaften, wo der Verfasser nicht nur als Forschungsreisender Eindrücke gesammelt hat, mit denen ihn auch tiefstes Erleben verknüpft, der Orlog, der Krieg, der den europäischen Menschen aus den künstlichen Lebensbedingungen der Zivilisation auf Urzustände des Daseins zurückwirft und ihn wieder in längst überwundene Abhängigkeiten vom Boden zwingt. — In der Geschichte der Landschaftsdarstellung kommt den beiden Büchern von Waibel und Voltz insofern eine besondere Bedeutung zu, als sie dem Persönlichen, Subjektiven, dem Einflusse der Landschaft auf das Gemüt den Platz, der ihm als einer zweifellos anthropogeographischen Erscheinung gebührt, wieder einräumen. Wieder, denn in früheren Zeiten wurde er ihm nicht bestritten. Die mitreißende Kraft unserer alten „klassischen“ Reisewerke, die den Leser das vom Reisenden Geschaut in Wahrheit mit erleben ließen, beruht auf dem Verwebtsein von Beobachtungstatsachen und treu wiedergegebenen psychischen Eindrücken. Die zunehmende Spezialisierung und die immer strengere

Exaktheit der Darstellung erfordernde Auffassung haben das Persönliche dann mehr und mehr zurückgedrängt und die Erlebnisse des Reisenden zu bloßen Einleitungen oder Anhängen eingeschränkt. Die Folge ist, ganz abgesehen von dem Verlust auch für den Fachmann, daß manche bedeutende Entdeckung und Forschung des letzten Menschenalters in weiteren Kreisen nicht den Widerhall gefunden hat, wie die im Zeitalter Barths und Nachtigals. Die jüngste Zeit strebt nach Befreiung von der Alleinherrschaft des Verstandes und gibt dem Psychischen gehörigen Ortes auch in der Wissenschaft sein Recht. Daß dies für die Erdkunde eine Bereicherung bedeutet, zeigt die junge Literaturgattung der künstlerischen Erdbeschreibung, der auch die genannten Schriften angehören. Losgelöst von den eigentlichen wissenschaftlichen Ergebnissen ihrer Verfasser lehren sie, daß man objektiv darstellen kann ohne Verleugnung des Persönlichen und ohne in den naheliegenden Fehler dilettantischer Verflachung zu verfallen, der einer jüngsten Verirrung, der expressionistischen Landschaftsbeschreibung, mit Recht zum Vorwurf gemacht worden ist. B. Brandt.

Über die Wirkung der Fütterung mit Schilddrüsensubstanz auf Kaulquappen-Entwicklung und -Wachstum. Die verschiedenen modernen Untersuchungen und Anschauungen über den „Einfluß der verschiedenen innersekretorischen Drüsen auf Wachstum und Entwicklung von Froschlärven“ hat in dieser Zeitschrift (1920, S. 860) erst kürzlich Romeis zusammenfassend dargestellt. E. Abderhalden und O. Schiffmann (Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 183, S. 197—209, 1920) berichten nun über neue Untersuchungen zu diesem Thema. Sie sind dazu übergegangen, den Einfluß bestimmter Substanzen histologisch zu untersuchen. Die beobachteten äußeren Veränderungen des Wachstums und der Entwicklung der Kaulquappen entsprechen im wesentlichen den schon früher bekannten (vgl. Romeis). Es wurde frische menschliche Schilddrüse verfüttert und drei auf verschiedene Weise hergestellte Extrakte, welche im wesentlichen die gleichen Symptome hervorrufen, nur in verschiedener Stärke. Besonders die Veränderungen im Darm wurden einer näheren Betrachtung unterzogen. Durch die Schilddrüsenfütterung wird sowohl der Verlauf als auch das Endergebnis der Darmmetamorphose abgeändert. Während die bei der Metamorphose degenerierenden Darmepithelzellen der Kontrolltiere nur wenig gelbe bis braune dicke Klumpen enthalten, bilden diese bei Schilddrüsentieren ein Hauptkennzeichen des degenerierenden Epithels. Bei den Kontrolltieren finden sich Zellnester hinter dem Epithel, aus denen das neue Epithel hervorgeht; diese fehlen den Schilddrüsentieren. Bei ihnen scheint sich der Rest des alten Epithels wieder zusammenzuschließen und so gleich das neue Epithel zu bilden, wodurch den degenerierenden Massen der Weg ins Darm lumen versperrt wird. Diese werden erst allmählich in der Darmwand resorbiert. Der Einfluß der Schilddrüsenfütterung auf die endokrinen Drüsen wurde besonders untersucht. Es wurden genaue Messungen der Hypophyse, der Schilddrüse und der Thymus ausgeführt und ihre Größe zur Größe des Gehirns und zum Durchmesser des Tieres in Beziehung gesetzt. Doch führte dies zu keinen Resultaten, da schon bei den Kontrolltieren recht beträchtliche Größenunterschiede vorhanden waren. A. Pratje.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 15. (Seite 241—256)

15. April 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane. Von *Bruno Schulz*, Hamburg. S. 241.

Besprechungen:

Hertwig, Oscar, Allgemeine Biologie. Von *O. Steche*, Frankfurt a. M. S. 250.

Zuschriften an die Herausgeber:

Ponderable Gase und Lichtäther. Von *Friedrich Wächter*, Treibach-Althofen. S. 250.

Die Zweiphasentheorie des kritischen Zustandes. Von *J. Traube*, Berlin. S. 252.

Für Darwin. Ein Wort zu O. Hertwigs „Werden der Organismen“. Von *E. Study*, Bonn. S. 253.

Astronomische Mitteilungen. S. 255—256.

Sternparallaxen. Von *A. Kopff*.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Grundlagen der Relativitätstheorie

Populärwissenschaftlich dargestellt

von

Dr. Rudolf Lämmel

Zürich - Meilen

Mit 32 Textfiguren

Preis M. 14.—

Aus den Besprechungen:

„... Die Darstellung ist für jeden Gebildeten verständlich; die mathematische Formelsprache ist vermieden und nur in einem kurzen Anhang sind einige Probleme noch mathematisch dargestellt. Der Verfasser geht eigene Wege. Der ganze Aufbau und viele Einzelheiten sind recht originell. Die Sprache ist eindringlich und lebhaft; man hat das Gefühl, daß der Verfasser innerlich teilgenommen hat an der Entwicklung dieser neuen Vorstellungen ...“

„Neue Zürcher Zeitung“ vom 20. 3. 21.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 32.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11700.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschienen:

Technik, Ingenieur und Hochschulstudium

Ein Einführungsvortrag, gehalten an der Technischen Hochschule Karlsruhe

von

Dr.-Ing. **Fr. Engesser**

Professor und Geheimer Oberbaurat

Preis M. 5.—

Der nachstehende, an der Technischen Hochschule Karlsruhe zu Beginn des Wintersemesters 1920 gehaltene Vortrag soll die Studierenden in das akademische Studium und in das Leben an der Hochschule einführen; er soll einen Einblick in das Wesen der Technik und der technischen Arbeit bieten und einen Überblick geben über die Anforderungen, die an die Persönlichkeit und an das Wissen und Können des höheren Technikers, des Ingenieurs, zu stellen sind.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

15. April 1921.

Heft 15.

Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane.

Von Bruno Schulz, Hamburg.

Die Frage nach der Geschichte der Kontinente und Ozeane im Laufe der geologischen Zeiträume ist ein außerordentlich umstrittenes Problem. Aus den vielen dasselbe betreffenden Einzelarbeiten beginnt sich das eine als anerkannte Tatsache herauszubilden, daß die Kontinente seit präkambrischer Zeit nur von flachen Meeren, nie von der Tiefsee bedeckt, also stets Hochgebiete gewesen sind und ebenso die Ozeane wenigstens größtenteils stets Tiefgebiete der Erde. Diese Permanenz der Kontinente und Ozeane wird etwas dadurch eingeschränkt, daß geologische, insbesondere paläontologische Tatsachen zu der Annahme zwingen, daß Teile der Kontinentalblöcke miteinander durch Brückenkontinente verbunden gewesen sind, neben anderen ist dies besonders bei Nordamerika und Europa der Fall, zwischen denen die hypothetische Nordatlantis die Verbindung hergestellt haben soll. Die Annahme derartiger Brückenkontinente, deren Versinken unserer Vorstellung große Schwierigkeiten bereitet und im Widerspruch mit geophysikalischen Tatsachen steht, umgeht die neue von Alfred Wegener aufgestellte Verschiebungstheorie, die 1912 zuerst veröffentlicht wurde (1) und kürzlich in der zweiten Auflage eines 1915 erschienenen Buches erweitert und eingehender begründet worden ist (2).

Die Entwicklung der Kontinente und Ozeane erfolgte nach dieser Theorie kurz folgendermaßen: Während ihres ursprünglich flüssigen Zustandes ordnete sich das die Erde zusammensetzende Material annähernd nach dem spezifischen Gewichte, die leichtesten Stoffe bildeten die äußerste, zuerst erstarrende Kruste, die schwereren Materialien lagerten sich darunter¹⁾. Diese erste Erstarrungskruste wurde durch uns des näheren unbekannte Kräfte vielfach gefaltet und zusammengeschoben. Diesem entsprach an anderen Stellen ein Aufreißen, wodurch die schwereren Simamassen entblößt wurden und sich also der Gegensatz zwischen den hoch gelegenen,

im Sima schwimmenden Sialschollen und den in den Tiefen zutage tretenden Simaschichten herausbildete. Durch die vielen Gebirgsfaltungen im Laufe der Erdgeschichte wurde die Mächtigkeit der Sialschichten fortgesetzt vergrößert, ihre Oberfläche ständig vermindert, sie bedecken heute nur noch weniger als ein Drittel der Erdoberfläche. Dieser Prozeß ist heute noch nicht abgeschlossen, auch jetzt noch sind die Kontinental-schollen in horizontaler Bewegung unter Faltungsercheinungen, worauf die Gestalt der Kontinente und Inseln sowie auch geologische und paläontologische Befunde und weiterhin Veränderungen der geographischen Länge und Breite einiger Orte deuten.

Diese im obigen kurz umrissene Theorie rüttelt an den Grundanschauungen der beteiligten Wissenschaften, und zwar in zwei Punkten, erstens durch die Annahme, daß Kontinente und Tiefseeböden aus verschiedenem Material bestehen und die ersteren im Sima gewissermaßen schwimmen, sowie zweitens, daß die Kontinentalblöcke im Laufe der geologischen Zeitalter große horizontale Wege zurückgelegt haben. Betrachten wir die hauptsächlichsten der hierfür beigebrachten Beweise etwas näher.

Sehen wir bei der Oberflächengestalt der Erde von der reichen Fülle der Kleinformen, insbesondere des Festlandes ab, so treten uns als Großformen die Festlandsblöcke und Tiefseebecken entgegen. Zu den ersteren pflegt man das sie umsäumende bis etwa 200 m Tiefe reichende Gebiet, den sog. Schelf, noch hinzuzurechnen, da der Meeresboden außerhalb meist der 200-m-Tiefenlinie, zuweilen aber auch schon in geringerer oder erst in größerer Tiefe schneller als vorher absinkt. Tun wir dies, so gehören etwa 35 % der Erdoberfläche den Festlandsmassen an, dem Tiefseeboden 56 % und dem diese beiden Gebiete verbindenden Kontinentalabhang (von 200—2400 m Tiefe) weniger als 9 %. Sondern wir auch noch die Kulminationsgebiete der Erde mit über 1000 m Erhebung und die Depressionsgebiete mit Tiefen unter 5500 m aus, so tritt, wie folgende Tabelle und auch Fig. 1 nach H. Wagner zeigen, der Gegensatz zwischen der Kontinentaltafel (von 1000 m bis —200 m) und der Tiefseetafel (von —2400 m bis —5500 m) noch schärfer hervor:

(Tabelle siehe nächste Seite.)

Die beiden Großformen der Erdoberfläche, die über ein Viertel der Erde bedeckende Kontinentaltafel mit der mittleren Höhe von 250 m und die über die Hälfte der Erde bedeckende

¹⁾ Die oberflächliche dünne Schicht, die Lithosphäre, wurde von E. Süß als das *Sal* bezeichnet, nach den in der uns zugänglichen Erdkruste hauptsächlich vorkommenden Elementen Silicium und Aluminium (Wegener schlägt hier die Änderung in *Sial* vor), die tieferen Schichten der Erdkruste, die Barysphäre, dagegen als *Sima* nach Silicium und Magnesium, das dort das an Verbreitung zurücktretende Aluminium ersetzt.

	Mittelhöhe m	Fläche Millqkm	
Kulminationsgebiet (über 1000 m Höhe)	+ 2150	40	7,8 %
Kontinentaltafel (v. 1000 m Höhe bis 200 m Tiefe) ..	+ 250	138	27,1 %
Kontinentalabhang (von 200 bis 2400 m Tiefe) ..	- 1200	44	8,6 %
Tiefseetafel (von 2400 bis 5500 m Tiefe)	- 4300	267	52,3 %
Depressionsgebiet (unter 5500 m Tiefe)	- 6000	21	4,1 %
Feste Erdkruste	- 2400	510	100 %

Tiefseetafel von der mittleren Tiefe von 4300 m, stehen einander gegenüber! Das Überwiegen von

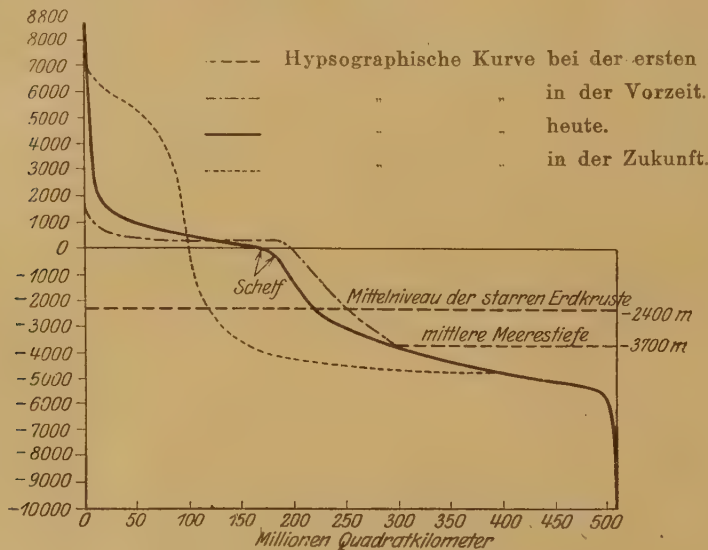


Fig. 1. Hypsographische Kurve der festen Erdrinde.
(Die Flächenangaben gelten nur für die heutige hypsographische Kurve.)

zwei Höhenstufen in der festen Erdkruste wird noch deutlicher, wenn wir die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Höhenstufen von 100 m Mächtigkeit untersuchen. Es ergibt sich die in Fig. 2 dargestellte prozentische Verteilung. Zwei Häufigkeitsmaxima der Höhen sind vorhanden, und zwar liegen sie in etwa 100 m Höhe und 4700 m Tiefe. Wodurch ist diese eigenartige Lagerung der Massen der festen Erdkruste bedingt? Die Frage gewinnt noch an Interesse, wenn wir die Ergebnisse der Schweremessungen mit in den Kreis der Betrachtungen ziehen. Auf den Ozeanen ausgeführte Beobachtungen haben nämlich ergeben, daß trotz der mächtigen, spezifisch leichten ozeanischen Wassermassen die durch die Erde ausgeübte Anziehung die gleiche ist wie in gleicher Höhe über den Kontinenten. Dies ist nur dadurch möglich, daß zwischen kontinentalen und ozeanischen Gebieten Druckgleichgewicht „Isostasie“ herrscht, also der sich durch Ausfüllung

der Tiefseebecken mit Wasser ergebende Massendefekt durch einen Massenüberschuß unterhalb des Tiefseebodens ausgeglichen wird. Man hat angenommen, daß die die Erde bedeckende Lithosphäre unter den Ozeanen eine geringere Mächtigkeit hat und das schwerere Magma näher an die Oberfläche heran reicht als unter den Kontinenten, wodurch sich zwar die an der Erdoberfläche beobachteten Schwerkraftverhältnisse erklären, das Problem der Höhenverteilung aber ungelöst bleibt. Die Wegenersche Hypothese der Entstehung der Ozeane und Kontinente sucht nun beide Probleme zugleich durch die Annahme zu lösen, daß die Tiefseeböden nicht Teile der Lithosphäre, des Sials, sind, sondern bereits aus dem schwereren Material der Barysphäre, dem Sima, bestehen und die leichteren Festlandsmassen in dem schwereren Sima wie

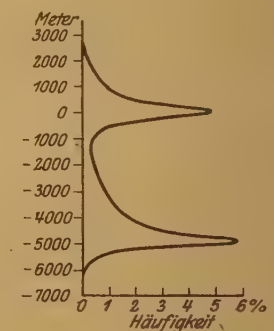


Fig. 2. Die beiden Häufigkeitsmaxima der Höhen nach A. Wegener.

Eisflächen im Wasser schwimmen. Hierdurch würde sich allerdings die Isostasie wie auch das festgestellte auffällige doppelte Häufigkeitsmaximum ungezwungen erklären.

Wenn die spezifischen Gewichte des Sial und des Sima bekannt sind, ist man sogar in der Lage, die Mächtigkeit der Kontinentalschollen zu berechnen. Hierbei muß man sich vergegenwärtigen, daß die uns am häufigsten entgegentretenden Sedimente wie Sandsteine, Kalke, Tone usw. ihrer Masse nach für die Zusammensetzung der Festlandsblöcke nur eine verhältnismäßig untergeordnete Rolle spielen. Die Sedimentdecke, welche durch die genannten Gesteine gebildet wird, hat nur die vergleichsweise geringe Mächtigkeit von Null bis etwa 10 km. Unter ihr und an vielen Stellen der Erde auf weiten Flächen der Festlandmasse zutage tretend befinden sich die archaischen Gesteine, deren Hauptvertreter der Gneis ist, sie sind an Kieselsäure verhältnismäßig

reich. In größeren Tiefen, aus denen wir durch aufsteigende Eruptionsmassen Kenntnis haben, überwiegen weniger saure Gesteine, Vertreter des „Sima“. Für das spezifische Gewicht der sauren sialischen Gesteine gibt *E. Kayser* die Werte 2,3 bis 2,7, der basischen simischen Gesteine 2,7—3,2 an. *Wegener* nimmt bei seinen Betrachtungen für die gesamten Sialschollen das höhere mittlere spezifische Gewicht 2,8 an, da die untersuchten Proben der Erdoberfläche entstammen und eine Zunahme des spezifischen Gewichts mit der Tiefe anzunehmen ist, für die in gleicher Höhe mit den Kontinentalschollen unter den Ozeanen befindlichen Simaschichten dagegen das verhältnismäßig niedrige mittlere spezifische Gewicht von 2,9, weil die uns zugänglichen simischen Gesteine großen Tiefen, nämlich der Unterseite der Kontinentalblöcke, entstammen dürften, für die größere spezifische Gewichte als für die in gleicher Tiefe mit den Kontinentalschollen gelegenen Simaschichten anzunehmen ist. Für größere hier nicht in Betracht kommende Tiefen wird, wie in den Kontinentalschollen, eine Zunahme der Dichte anzunehmen sein, da aus der Diskussion der Erdbebenbeobachtungen für den etwa 1500 km mächtigen Silikatmantel der Erde eine mittlere Dichte von 3,4 folgt. Bei Benutzung der von *Wegener* angenommenen Werte ergibt sich für die Mächtigkeit der sialischen Kontinentalmassen bei Erfüllung der Bedingung des Druckgleichgewichts im Niveau der Unterseite des Sials ein Wert von 91 km. Dies Ergebnis ist naturgemäß sehr unsicher, da es völlig von den zugrunde gelegten spezifischen Gewichten abhängt (nimmt man z. B. für das Sima statt 2,9 den Wert 3,0, so ergibt sich eine Mächtigkeit des Sials von 48 km). Der Wert 91 km stimmt der Größenordnung nach vortrefflich mit den auf anderem Wege gewonnenen Vorstellungen überein, indem *Hayford* aus Lotabweichungen für die Tiefe der Ausgleichsfläche des Drucks, die der Tiefe des unteren Randes der Kontinentalmassen entsprechen würde, 114 km fand und *Helmert* auf ähnliche Weise 120 km, *Wiechert* errechnete aus Eigenschwingungen der Lithosphäre deren Mächtigkeit zu weniger als 100 km. Da die Bedingung des isostatischen Gleichgewichts für die Hochländer größere, für die Schelfgebiete kleinere Mächtigkeitswerte verlangt, dürften die von *Wegener* angegebenen ungefähren Grenzwerte für die Mächtigkeit der Kontinentalmassen von 50 und 200 km wohl das Richtige treffen.

Da das Sial ursprünglich die ganze Erde umzog, jetzt aber nur ein Drittel ihrer Oberfläche bedeckt, muß, wenn wir heute eine mittlere Mächtigkeit von 100 km annehmen, ihre Dicke einst etwa 30 km betragen haben. Die hypsographische Kurve bildete zu gleicher Zeit eine Horizontale (vgl. Fig. 1). Durch den Zusammenschub der sialischen Rinde verdickte sich diese, es traten Höhenunterschiede zwischen den Sialschollen und dem zutage tretenden Sima auf, die aber zunächst noch gering waren, die weitere Entwicklung ist

durch den heutigen Zustand charakterisiert. In sehr fernen Zeiten werden nach der Verschiebungstheorie die Sialschollen durch fortgesetzten Zusammenschub weiterhin an Oberfläche ab-, aber an Mächtigkeit zunehmen, sie werden sich höher aus dem Sima, in dem sie schwimmen, emporheben, und die hypsographische Kurve wird etwa die Form haben wie durch die punktierte Linie der Fig. 1 dargestellt. Diese Veränderungen der hypsographischen Kurve stimmen, sowohl was die Abnahme der Landoberfläche wie die wachsende Steilheit des Kontinentalrandes betrifft, zu den jetzt herrschenden geologischen Anschauungen, die *W. Soergel* (3), ein Gegner der Verschiebungstheorie, folgendermaßen zusammenfaßt: „Im Gebiet der heutigen Ozeane müssen zu allen Zeiten die großen Sammelbecken gelegen haben, und zu allen Zeiten sind die heute bestehenden Kontinente eben Kontinente gewesen. Die Änderungen aber, die sich nachweislich vollzogen haben, zeigen uns deutlich die Tendenz, die das Verhältnis der ozeanischen zu den kontinentalen Räumen beherrscht. Nicht nur durch wiederholtes, einmal hier, einmal dort einsetzen des Zusammenfaltens der Schichten hat die Fläche der Kontinente eine Verkleinerung erfahren, sie ist auch vermindert worden durch das Absinken größerer und kleinerer Schollen in ozeanische Tiefen. Denn diesem Verlust steht kein Gewinn gegenüber. Abgesehen von vier ganz beschränkten Vorkommen von tertiären Tiefseebildungen auf Inseln am heutigen Kontinentalrand, kennen wir auf den Kontinenten keine Gebiete, die durch das Vorhandensein von Tiefseesedimenten ein Aufsteigen dieser Gebiete aus ozeanischen Tiefen vertragen. Der Austausch ist ein vollkommen einseitiger, bei dem die Kontinente seit jeher nur verloren, die Ozeane nur gewonnen haben. — Und noch eine zweite, dieser ersten verknüpfte Tendenz beherrscht die Entwicklung des Erdreliefs: die zunehmende Steilerstellung des Kontinentalrandes . . . In früheren Erdperioden kann der Übergang vom kontinentalen in das ozeanische Gebiet kein so unmittelbarer, plötzlicher gewesen sein wie heute, flacher absinkende Schelfe müssen allmählich die Hochgebiete der Kontinente in die Tiefengebiete der Ozeane übergeleitet haben. Diese flach abfallenden Schelfe haben den steilen Abstürzen weichen müssen . . ., aus ozeanischen Wannen, die auf flacheren kontinentalen Buckeln ausliefen, haben sich tiefere Tröge zwischen hochragenden Blöcken entwickelt.“

In seinen gegen die Verschiebungstheorie gerichteten Schriften hat *W. Soergel* (3, 4) das erwähnte wichtige Gesetz der jetzigen Verteilung der Höhen auf der Erde und der langsamen Veränderung im Laufe der geologischen Zeitalter auf andere Weise zu deuten versucht, indem er anführt, daß die Kontinente gegen die Ozeane ganz überwiegend durch Brüche und Flexuren begrenzt sind, wodurch „das Vorhandensein zweier, von dem mittleren Krustenniveau sich ungefähr gleich weit entfernender Niveaumaxima ganz selbstver-

ständig“ sei. Haben die Kontinente diese Begrenzung, so ist zwar das seltene Vorkommen des mittleren Krustenniveaus nicht verwunderlich, unerklärt bleibt aber, weshalb die beiden oberhalb und unterhalb des mittleren Krustenniveaus vorhandenen Maxima so ausgeprägt sind (vgl. Fig. 2). Unbekannt bleibt die Ursache, weshalb durch die die Kontinente begrenzenden Brüche der Niveauunterschied zwischen den kontinentalen und ozeanischen Erdschollen so überwiegend gerade etwa 5000 m beträgt. Dieser Erklärungsversuch vermag die Wegenersche Deutung nicht zu ersetzen. Später hat *Soergel* die folgende auf Kontraktions¹⁾ und Tetraedertheorie²⁾ sowie auf die aus den Versuchen von *Tammann* folgende Tatsache, daß Silikatschmelzen bei der Abkühlung zunächst eine Volumenzunahme und dann eine Volumenabnahme erfahren, gegründete Erklärung gegeben (3). Durch fortschreitende Abkühlung verfestigte sich die äußerste Schale, zunächst unter Volumenvermehrung, später aber fortschreitender Verminderung des Volumens, wodurch sie schließlich zu eng für die ganze Kugel wurde, zerriß und die einzelnen Rindenteile erneut von flüssigen Massen überflutet wurden, bis sich endlich eine ständig feste Erdkruste bildete. Bei weiterer Zunahme der Abkühlung gelangten auch die unter der Panzerdecke befindlichen Massen, schematisch als zweite Schale bezeichnet, nach vorübergehender Volumenvermehrung in den Zustand der Volumenabnahme. Die Schale wurde zu eng sowohl für die eingeschlossene Kugel wie für die auf ihr ruhende Panzerdecke. Spaltungen, Klüftungen und Zer-

¹⁾ Nach der Kontraktionstheorie vermindert sich das Volumen der Erde ständig wegen der Wärmeausstrahlung in den Weltenraum, ein Vorgang, den man sich aber wegen der bei fortschreitender Abkühlung wechselnden Volumenänderungen der Silikate sehr schwierig denken muß. Diese Kontraktion der Erde, die lange als Axiom galt, ist neuerdings angezweifelt worden, indem infolge der Eigenschaften des Radiums verhältnismäßig geringe Mengen davon genügen, die Temperatur der Erde unverändert zu erhalten. Mindestens muß aber als sehr wahrscheinlich angesehen werden, daß durch die infolge des Radiumzerfalls freiverdende Wärme die Kontraktion der Erde so langsam fortschreitet, daß sie für die Gebirgsbildung nicht die ausschlaggebende Bedeutung hat, wie man lange Zeit annahm.

²⁾ Nach der Tetraedertheorie sucht die Erde infolge der Volumenverminderung durch Abkühlung die Gestalt des Körpers anzunehmen, der bei denkbar größter Oberfläche den kleinsten Raum einnimmt, dieser ist das Tetraeder, eine dreiseitige Pyramide mit gleichen Kantenlängen. Drei Ecken und die diese verbindenden Kanten liegen rings um den Nordpol, die vierte Ecke im Südpol, von dieser strahlen drei meridionale Kanten im Abstände von 120° nach den drei im Norden liegenden Ecken aus. Die Kanten bedeuten nach der Tetraedertheorie Erhebungslinien auf der Erde, die Tetraederflächen dagegen Senken. Tatsächlich finden wir im Nordpolargebiet ein tiefes Meer, das rings von einer im wesentlichen geschlossenen Landmasse umgeben ist, am Südpol dagegen eine hohe Landmasse. Europa-Afrika, Asien-Australien, Nord- und Südamerika liegen annähernd auf den meridional verlaufenden Erhebungslinien. Im übrigen führt diese Theorie aber zu mancherlei Widersprüchen.

rungen in der zweiten Schale mußten eintreten. Die erste Schicht sank nach, und zwar besonders in den Gebieten, in denen die innere Schale durch Zerrung und dadurch Verminderung der Mächtigkeit die durch Volumenverminderung bedingte Verkleinerung der Oberfläche auszugleichen suchte. Es entstanden dort Senkungsfelder, unter denen das Material der zweiten Kugelschale offenbar in geringerem Maße vorhanden ist als unter den weniger gesunkenen Teilen der äußeren Schale. Herrscht nun ein Prinzip, das wie bei der Tetraedertheorie die Lage der Kontinente und Ozeane bestimmt, so werden die Stellen, in denen die schrumpfenden Kugelschalen Zerrungen und Dehnungen erleiden, annähernd die gleichen bleiben. Es ergeben sich dann aus der Schrumpfung *Senkungsfelder*, an deren Boden die erhärteten Massen der einzelnen Kugelschalen — bis auf die erste — eine geringere als die Durchschnittsmächtigkeit besitzen, deren Boden dem Wirkungsbereich endogener Kräfte relativ nahe liegt, und dann *Hochgebiete*, an deren Aufbau sich die einzelnen Kugelschalen mit mächtigeren Massen beteiligen. Diese Hypothese setzt unbedingt die Gültigkeit der Tetraedertheorie für die ältesten Zeiten der Erde voraus, was von den Geologen entschieden abgelehnt wird (*Dacqué* [5]) sowie auch die Kontraktionstheorie, gegen welche gewichtige Einwände sich mehren (6). Die obige Erklärung kann man nicht als befriedigend bezeichnen. Die vergleichsweise ungezwungene Erklärungsmöglichkeit des wichtigen Gesetzes der Verteilung der Höhen auf der Erde sowie der Veränderung der hypsographischen Kurve im Laufe der Erdgeschichte darf demnach als gewichtige Stütze der Wegenerschen Anschauungen angesehen werden. —

Die Verschiedenheit des Materials der Tiefseeböden und Kontinente muß sich, wenn wirklich vorhanden, auch noch in anderer Weise zeigen, so insbesondere im Verhalten gegenüber den Erdbebenwellen. Mit der Verschiedenheit der Dichte muß eine solche der Elastizitätskonstanten einhergehen und es muß sich für Oberflächenwellen in ozeanischen Gebieten eine andere Geschwindigkeit ergeben wie im Gebiet der Kontinente. Diese von *A. Wegener* vermutete Erscheinung hat nun jüngst *E. Tams* tatsächlich nachgewiesen (7). *Tams* benutzte für seine Untersuchung 38 Beben, deren Oberflächenwellen an Stationen rings um den Stillen Ozean aufgezeichnet worden sind, nämlich in Honolulu, Apia, Christchurch, Wellington, Batavia, Manila, Taihoku, Zikawei, Tokio, Kobe, Osaka, Tsingtau, Sitka, Victoria, Berkeley, Tacubaya, und 20 Beben, bei denen die Geschwindigkeit der Oberflächenwellen auf dem Wege durch die eurasiatische bzw. amerikanische Kontinentalmasse untersucht wurde, benutzt wurden die Aufzeichnungen der Stationen Hamburg, Göttingen, Jena, Potsdam und Albany, Baltimore, Cheltenham, Ottawa, Tacubaya, Toronto, Washington. Das Ergebnis ist:

$v = 3,897 \text{ kmsec}^{-1} \pm 0,028 \text{ m F.}$ für den pazifischen Boden,

$v = 3,801 \text{ kmsec}^{-1} \pm 0,029 \text{ m F.}$ für kontinentalen Boden.

Unterschiede in dem von der Verschiebungstheorie geforderten Sinne scheinen demnach tatsächlich vorhanden zu sein.

Leider sind wir nicht durch Beobachtungen über die Beschaffenheit des die Ozeane unterlagernden Gesteins unterrichtet. Anstehendes Gestein hat man in der Flachsee wohl an einigen Stellen untersuchen können, aber es handelt sich fast ausschließlich um Funde auf dem europäischen Schelf. In einem Falle, 1898, gelang es, etwa 900 km nördlich der Azoren in etwa 3100 m Tiefe in einem Gebiet mit unruhigem Relief mit der Grundzange einige Sedimentbrocken, nämlich glasige Basaltlava, von den felsigen Gipfeln hochzubringen. Da das unruhige Relief besondere Störungen vermuten läßt, wird sich nach diesem Funde nicht verallgemeinern lassen. Über die Zusammensetzung des Felsgerüsts der ozeanischen Becken wissen wir tatsächlich nichts, und wir haben auch keine Aussicht, darüber etwas zu erfahren, da wir keine Methoden besitzen, das unter dem Sediment befindliche Gestein heraufzubekommen. Wir kennen nur in großen Zügen die Verbreitung der Sedimente, von denen natürlich insbesondere die landfernen Tiefseeablagerungen, die sog. eupelagischen Sedimente, in Betracht kommen. Ihre Verbreitung ist in folgender Tabelle angegeben (nach *Andrée* [8]).

Verbreitung der eupelagischen Sedimente in Millionen qkm und in Prozentanteilen jeweilig für den gesamten Ozean.

	Atlant. Ozean		Indischer Ozean		Stiller Ozean		Gesamt-ozean
	Mill. qkm	%	Mill. qkm	%	Mill. qkm	%	Mill. qkm
Globigerinenschlamm.....	43,54	53,4	37,66	53,3	42,34	26,5	128,54
Pteropodenschlamm.....	0,36	0,4	0,06	0,1	0,31	0,2	0,73
Roter Tiefseeton	13,82	15,2	11,39	16,1	75,00	47,0	100,21
Radiolarienschlamm.....	—	—	1,59	2,3	8,52	5,5	10,11
Diatomeenschlamm....	4,55	5,0	12,02	17,0	9,29	5,9	25,86

Globigerinenschlamm, roter Tiefseeton und Diatomeenschlamm bedecken hiernach die weitaus größten Flächen des Bodens der Tiefsee. Abgesehen vom roten Ton setzen sich die Tiefseesedimente vorwiegend aus Resten von Lebewesen zusammen und können uns keinesfalls über das die Tiefsee unterlagernde Felsgerüst Auskunft geben. Doch möchte die Verschiebungstheorie den roten Ton als Zeugen für die „simische Natur“ des Tiefseebodens betrachten. Die jetzt herrschende Ansicht über die Entstehung des Roten Tones ist

nach *Andrée* die zuerst 1877 von *J. Murray* vertretene, „daß der Rote Ton als Zersetzungsprodukt von tonerhaltigen Silikaten und Gesteinen anzusehen ist, die durch subaerische und submarine Vulkanausbrüche über den Meeresboden ausgebreitet wurden und dort unverdünnt in Erscheinung treten, wo sie durch die Reste kalkschaligen Planktons nicht mehr maskiert werden. In zweiter Linie kommt aber auch die in einer Art kolloidalen Zustandes verbreitete, feinste tonige Materie chersogener Herkunft in Betracht.“ *A. Wegener* tritt diesem Erklärungsversuch entgegen, indem er äußert, „wenn wirklich die ungeheuren Flächen der Tiefsee in solcher Weise mit Vulkanaschen überlagert wären, dann müßte dieser Aschenregen doch wohl größere Spuren auch auf dem Lande hinterlassen haben — —“, und „wenn es bloße Ausbrüche sind, wie sie auch auf dem Festlande sich vollziehen, warum bedecken diese Produkte auf dem Tiefseeboden so ungeheure Flächen? Viel einfacher und natürlicher ist unsere Annahme, daß der Tiefseeboden grundsätzlich aus diesem Material besteht.“ Damit scheint jedoch das Problem noch nicht gelöst, denn wenn wirklich unter der Tiefsee simisches Gestein ansteht, woher kommt es dann, daß die oberste, der Beobachtung zugängliche Schicht eine derart feinkörnige tonige Beschaffenheit hat? Man sollte doch, wenn es sich um das anstehende simische Gesteinsmaterial handelt, festes Gestein erwarten. Die bisherige Ansicht, daß es sich um die Ablagerung vulkanogenen Materials handelt, wird den tatsächlichen Verhältnissen mehr gerecht. Die Tatsache, daß das Material von, wie anzunehmen, relativ seltenen Eruptionen so weite Flächen bedeckt, wird verständlich, wenn man bedenkt, daß es sich um ganz außerordentlich langsame Absätze handelt, wofür die Anhäufung von kosmischen Partikeln spricht, weiter die intensive Zersetzung vulkanischer Komponenten und eine Anzahl von Neubildungen, wie Manganknollen und Phillipsiten. Zu alledem kommt die Beimengung von Resten ausgestorbener Organismen, welche trotz dieses Alters von den Sedimenten noch nicht völlig eingedeckt worden sind. Der Sedimentcharakter des Roten Tiefseetones kann nicht in Frage gestellt werden. Die uns über die Geologie des Meeresbodens bekannten Tatsachen liefern keinen Anhaltspunkt dafür, daß unter der Tiefsee sialische Gesteine fehlen.

Einen weiteren für die simische Natur der Tiefseeböden sprechenden Beweis erblickt *A. Nipoldt* im magnetischen Verhalten der Erde. Aus der Lage der magnetischen Pole zu den Rotationspolen der Erde muß geschlossen werden, daß unter den Ozeanen eisenhaltigeres Gestein liegt als unter den Kontinenten, so daß bei der anzunehmenden mit der Tiefe erfolgenden Zunahme des Eisengehaltes in der festen Erdkruste unter den Ozeanen eine tiefere Schicht der Erde zutage treten müßte. Wichtig ist weiterhin noch, daß die magnetischen Eigenschaften bei der Tempe-

ratur der Rotglut, die bereits in etwa 15 bis 20 km Tiefe anzunehmen ist, verschwinden, so daß gerade die obersten simischen Schichten unter der Tiefsee für das magnetische Verhalten der Erde maßgebend sein müßten. Doch wird man hierbei beachten müssen, daß die magnetischen Eigenschaften des Eisens zwar bei gewöhnlichem Druck bei Rotglut verschwinden, wie es aber bei den höheren Drucken, wie wir sie in den in Betracht kommenden Tiefen haben, sich verhält, weiß man nicht. Verschwinden die magnetischen Eigenschaften bei hohen Drucken erst bei höheren Temperaturen, was sehr wohl denkbar ist, so könnte das geforderte magnetische Verhalten auch bei nur dünner sialischer Decke in ozeanischen Gebieten vorhanden sein.

Weiterhin zieht *Wegener* die Schlichtheit des Tiefseebodens als Stütze dafür heran, daß dieser aus anderem Material besteht wie die Kontinente, indem die Schlichtheit für eine größere Plastizität und einen höheren Grad von Flüssigkeit der Tiefseeböden sprechen soll. Es ist nicht zu leugnen, daß der Tiefseeboden tatsächlich einheitlichere Formen hat als die Kontinentalflächen, doch wird man besonders wegen der geringen Kenntnis vom Relief des Bodens der Tiefsee heute kaum entscheiden können, ob dies nicht allein erklärt werden kann durch das Fehlen der Tätigkeit des Wassers und der übrigen die Gesteine auf den Kontinenten zerstörenden und ständig umlagernden Ursachen sowie durch eine größere Einheitlichkeit der sialischen Decke unter den Ozeanen infolge des Fehlens der Sedimentschicht und endlich den nivellierenden Einfluß der Tiefseesedimente.

Nach allem muß man diesen ersten Punkt der Wegenerschen Hypothese, daß der Boden der Tiefsee aus Material größeren spezifischen Gewichtes besteht als es die Kontinentalblöcke besitzen, als mit den herrschenden Anschauungen in Einklang bringbar bezeichnen, das doppelte Maximum in der Häufigkeit der Höhenstufen und die Veränderung der hypsographischen Kurve im Laufe der geologischen Zeiträume sprechen durchaus dafür, auch die Geschwindigkeit der Erdbebenoberflächenwellen; die übrigen betrachteten Gesichtspunkte lassen gewichtige Tatsachengruppen als vereinbar mit der Verschiebungstheorie erscheinen, bringen keine einwandfreien Beweise dafür, aber, was besonders hervorgehoben werden muß, auch keinerlei Gegenbeweise.

Zur Beurteilung des zweiten wichtigen Gesichtspunktes der Verschiebungstheorie, nämlich der horizontalen Verschiebbarkeit der Kontinente, ist es durchaus erforderlich, sich die räumlichen Verhältnisse zu vergegenwärtigen, nämlich daß für den Silikatmantel der Erde eine Mächtigkeit von etwa 1500 km anzunehmen ist, die darauf schwimmenden Kontinentalblöcke aber nur die vergleichsweise geringe Mächtigkeit von etwa 100 km haben, daß ferner die Verschiebungen ganz außerordentlich langsam vor sich gegangen

sind. Nach den natürlich sehr unsicheren, aber doch die Größenordnung zeigenden Berechnungen von *Königsberger* sind seit Beginn des Tertiärs 15 Millionen Jahre, seit Beginn des Diluviums $\frac{1}{2}$ —1 Million Jahre verfließen. Trotzdem bereitet die Vorstellung von der Verschiebbarkeit der starren Kontinentalblöcke in dem gleichfalls starren Sima große Schwierigkeiten und ist von Geologen (erst jüngst von *Quiring* [9]) als unmöglich bezeichnet worden. Bedenkt man jedoch die hohen Drucke, die in größeren Tiefen herrschen, sowie die dortigen hohen Temperaturen, außerdem, daß z. B. Eis und Siegelack sowie Stahl, dessen Zähigkeit sogar achtmal größer ist als die des Silikatmantels der Erde, bei hohen Drucken nicht starr sind, sondern zu fließen beginnen, so erscheint die Verschiebbarkeit des Sials im Sima nicht durchaus unmöglich.

Wegener bringt nun eine reiche Fülle von Tatsachen, die ihm dafür sprechen, daß eine solche Verschiebung der Kontinentalmassen tatsächlich stattgefunden hat. Besonders auffallend ist der Parallelismus in großen Zügen zwischen dem Ost- und Westrande des Atlantischen Ozeans. Nach der Verschiebungstheorie haben die den Ozean im Osten und Westen begrenzenden Kontinentalmassen früher zusammengehungen, im Eocän etwa in der in Fig. 3 dargestellten Weise⁴⁾, und hat sich die jetzige Gestalt der Kontinente durch Bewegung Amerikas nach Westen gebildet, was gleichzeitig infolge des Widerstandes, den das Sial im Sima fand, zur Auffaltung der andinen Ketten an der Westseite Amerikas führte. Hierbei hat sich Südamerika wesentlich früher von Afrika getrennt als Nordamerika von Europa. Der erste, die Trennung von Südamerika und Afrika einleitende Grabenbruch hat sich etwa in der Unterkreide gebildet, während Neufundland und Irland noch fast während der ganzen Eiszeit zusammengehungen haben. Auf der Rekonstruktion sind die Landmassen nicht ganz die gleichen wie heute. Labrador ist stark nach Nordwesten gedreht, und es wurde angenommen, daß bei der späteren Westwärtsbewegung des amerikanischen Kontinents vor dem Zerreißen eine Dehnung und Zerreißen der Erdschollen eintrat, wodurch sich Neufundland mit der Neufundlandbank unter Drehung um etwa 30° von der Kontinentalmasse löste und ganz Labrador zurückblieb, die vorher geradlinige Bruchlinie St. Lorenzstrom—Belle-Isle-Straße erhielt dadurch ihre jetzige S-förmige Biegung. Außerdem hat Südamerika eine Drehung um etwa 45° erfahren.

Im Gegensatz zu den früheren Veröffentlichungen nimmt *Wegener* jetzt, wahrscheinlich durch die Kritik von *Soergel* veranlaßt, an, daß die Spalte zwischen Nordamerika und Nordafrika-Pyrenäenhalbinsel sich schon sehr früh gebildet

⁴⁾ Am besten werden für das Folgende auch noch die in Betracht kommenden Karten aus einem Atlas herangezogen.

hat. Hierfür spricht, daß das Atlasgebirge auf amerikanischer Seite keine Fortsetzung findet. Der keilförmige, 5000 m tiefe Teil des Golfes von Biscaya wird als eine Spalte betrachtet, bei deren Bildung sich Spanien um das Ostende der Pyrenäen drehte. Die Zusammenschiebung infolge dieser Drehung ist Ursache der Verbreiterung der



- Algonkische Faltung.
- ||||| Kaledonische Faltung.
- ||||| Armorikanische Faltung.
- // Streichungsrichtung der Gebirge in Südamerika und Afrika.
- ===== Sima, Flächen ohne Schraffur: Sial.

Fig. 3. Lage der atlantischen Kontinentalschollen im Eocän nach A. Wegener.

Pyrenäen im Osten und der Ausbauchung der Küstenlinie an dieser Stelle. Daß die Nordküste von Spanien kürzer ist als der gegenüberliegende Rand der Biscayaspalte, wird auf eine vor der endgültigen Trennung stattgefundene Dehnung des nördlich gelegenen Schelfgebietes zurückgeführt, die ja für die Verlagerung von Labrador bereits herangezogen wurde und auf die auch das Versinken bis dahin landfester Teile wie der

Nordsee und des Kanals zurückgeführt wird. Bei dem südlich sich anschließenden Gebiet ist die Kongruenz bis in viele Einzelheiten außerordentlich überraschend. Zwischen Südafrika und der südlichen Hälfte von Südamerika wird ebenfalls eine schon ältere Spalte angenommen. Das schmale Verbindungsstück zwischen Südamerika und der Westantarktis ist bei der Westwärtsbewegung der Kontinentalmassen stecken geblieben, das auseinandergezogene Verbindungsglied bildet jetzt den stark nach Osten gebogenen Inselkranz Feuerland, Südorkney-, Sandwichinseln und Südgeorgien. Auch die Antillen bilden eine solche nach Osten zurückgebliebene Inselkette, von der die kleineren Glieder, die kleinen Antillen, am weitesten zurückgeblieben sind, die größeren Inseln wie Kuba, Haiti, Jamaica in weit geringerem Maße. Besonderes Interesse verdient in diesem Zusammenhange der mittelatlantische Rücken, der den Atlantischen Ozean von Nord nach Süd durchzieht unter Wahrung etwa gleichen Abstandes von den Kontinenten im Osten und Westen. Dieser ist nach der Verschiebungstheorie als Sohle des zunächst entstandenen schmalen, die Bildung des Atlantik einleitenden Grabens anzusehen, die mit abgesunkenem kontinentalem Material erfüllt war. Bei der Westwärtsbewegung Amerikas dehnte sich dieses Material nicht wie die östlich und westlich zutage tretenden Simaschichten und blieb erhalten, ebenso wie Ablagerungen aus kontinentalem Material, die in den sog. Tiefseesanden mitten im Ozean gefunden wurden und eine außerordentliche Merkwürdigkeit darstellen. Da der Habitus dieser Ablagerungen durchaus auf Bildung in Ufernähe schließen läßt, leitete sie *Philippi* von submarinen Berggipfeln her. Diese Erklärung ist kaum befriedigender als die vom Standpunkte der Verschiebungstheorie. Schwierigkeiten bereitet aber für beide Erklärungsversuche im gleichen Maße, daß diese Tiefseesande nicht nur am Rande der mittelatlantischen Schwelle, sondern auch in der Kapmulde sowie im westlichen Indischen Ozean vorkommen; auch muß man erwarten, daß auf der mittelatlantischen Schwelle unter einer dünnen Decke eupelagischer Sedimente weit verbreitet kontinentales Material zu finden ist, wofür wir aber bislang keine Beweise haben.

Nicht weniger überraschend als die Parallelität des Küstenverlaufes sind die Gemeinsamkeiten in den großen Zügen des geologischen Baus östlich und westlich des Atlantischen Ozeans. Die wichtigsten sind die folgenden:

1. In Nordwestgrönland und Grinnelland deutet die Grenzlinie zwischen den Trias- und Devonbildungen auf eine Blattverschiebung zwischen beiden Gebieten, und zwar hat hierbei die Bewegung von Grinnelland eine ausgesprochene Südkomponente. Hiermit übereinstimmend deutet auf eine frühere Bewegung Nordamerikas nach Süden die Form der kalifornischen Halbinsel, die in ihrer Spitze zusammengestaucht erscheint, und

dafür, daß diese Bewegung noch heute andauert, spricht die Erdbebenspalte bei San Francisco, bei der sich nachweisen ließ, daß das östliche Gebiet gegen die westliche Randzone nach Süden verschoben ist.

2. Das algonkische Gneisgebirge der Hebriden und Nordschottlands setzt sich in Labrador fort. Der genannte Gebirgszug bildete vor der Verschiebung Amerikas eine ununterbrochene Linie.

3. Das am Ende des Silurs entstandene kaledonische Gebirge, das in Norwegen, Schottland, Wales und Irland nachgewiesen ist, hat an der von der Verschiebungstheorie geforderten Stelle eine Fortsetzung in Neufundland.

4. Die Fortsetzung des armorikanisch-variscischen Gebirgssystems findet sich auf amerikanischer Seite in den dortigen Kohlengebieten, auch in der zu fordernden Lage.

5. Die diluvialen Vereisungsgebiete Nordamerikas und Europas bildeten vor der Verschiebung ein einheitliches Gebiet, dessen Äquatorialgrenzen auf der Rekonstruktion eine ununterbrochene Linie bilden.

6. Zeigt sich beim Zusammenhang von Südamerika und Afrika in der in Fig. 3 dargestellten Weise ein auffälliger Parallelismus in der Streichungsrichtung der Gebirge am Niger und im Kamerungebiet einerseits sowie in Guyana und Brasilien andererseits.

7. Die Zwarten Berge in Südafrika mit im wesentlichen ostwestlicher Streichrichtung treffen nach Rekonstruktion auf die gleichaltrigen Sierren südlich von Buenos Aires.

Diese Tatsachen sind sehr schwerwiegender Art. Wohl könnte man daran denken, daß z. B. zur Zeit der armorikanisch-variscischen Gebirgsfaltung die Bedingungen so lagen, daß in Nordamerika ein entsprechendes Gebirgssystem entstand, obwohl es ein eigenartiger Zufall wäre, daß nach der Zurückschiebung Amerikas an Europa beide Gebirgszüge einen einheitlichen Gebirgszug bilden. Ein undenkbarer Zufall aber ist es, daß auch die übrigen einander entsprechenden Gebirge im Osten und Westen des Atlantischen Ozeans in der jetzigen großen Entfernung voneinander gerade an dem Ort und mit der Streichungsrichtung entstanden sind, daß sie nach Rekonstruktion der zusammenhängenden Kontinentalmasse vor der Entstehung des Atlantischen Ozeans einander genau fortsetzende Gebirgszüge bilden. Hier ist allerdings eine einfachere Erklärung als durch die Verschiebungstheorie nicht gut denkbar. Wir haben hier unverkennbar eine starke Stütze der Wegenerschen Anschauungen.

Nach von Geologen und Paläontologen verfochtener Ansicht hat bis zum Beginn des Tertiärs zwischen dem mit Afrika zusammenhängenden Madagaskar und Vorderindien eine Landbrücke bestanden. Die Trennung trat etwa im Eozän ein. Statt eines versunkenen Brückenkontinents „Lemuria“ nimmt die Verschiebungstheorie eine lange von Hochasien ausgehende

Halbinsel von gleicher Form wie der hypothetische Brückenkontinent an, nur befindet sich jetzt Vorderindien in unmittelbarer Nachbarschaft von Madagaskar an der Spitze dieser langen Halbinsel. Parallel mit der Auffaltung des Himalaya trat langsam eine Verkürzung der lemurischen Halbinsel bis auf die heutige Größe ein. Diese gewaltige Verkürzung verträgt sich mit dem Maße der Zusammenfaltung der Erdrinde, die wir nach den jetzigen Anschauungen für ein Faltengebirge wie den Himalaya annehmen müssen. Dieser gewaltige Zusammenschub wird mit einer Menge Nebenerscheinungen in Verbindung gebracht, wie den Grabenbrüchen Ostafrikas, der Entstehung des Roten Meeres und des Jordantales, der Lage der Somalihalbinsel, dem Verlaufe der Bergketten des Hindukusch und Soleimangebirges westlich von Indien, der Bergketten von Birma im Osten Indiens und anderen.

Weiterhin endlich werden die bisher durch Annahme des Südamerika mit Afrika, Vorderindien, Australien und der Antarktis verbindenden Gondwanakontinentes erklärten Erscheinungen vom Standpunkte der Verschiebungstheorie zu deuten, und endlich ausführlich nachzuweisen gesucht, daß die von der Verschiebungstheorie geforderte Lage der Kontinente geeignet ist, mit den Polwanderungen zusammenhängende Erscheinungen in einfacher Weise zu erklären (z. B. permokarbone Eiszeit), und daß andererseits die Änderung der Massenverteilung auf der Erde Schwankungen der Rotationsachse und damit Polwanderungen fordert.

Diese mannigfachen Bewegungen der Kontinentalschollen sind nun nicht regellos, sondern die Verschiebungstheorie bringt sie auch in ein bestimmtes System, indem die Richtung der Verschiebung in eine äquatorwärts und eine westwärts gerichtete Komponente zerlegt wird. Die erstere zeigt sich in Eurasien besonders im eurasiatischen Faltengebirgsgürtel, der sich auf dem damaligen Äquator bildete, weiterhin bei Australien, das sich nach Nordwesten bewegt, wie aus der Lage der Inseln des Sundaarchipels, aus dem jungen Gebirge von Neuguinea und dem Zurückbleiben von dem einst mit Australien verbundenen Neuseeland gefolgert wird. In Nordamerika ist die Polflucht erkennbar an der erwähnten Verschiebung von Grinnelland und Labrador gegenüber Grönland, an der Erdbebenverwerfung bei San Francisco und der Stauchung Nieder-Kaliforniens. Auch bei Madagaskar äußert sich die Polflucht, indem sich die Insel jetzt nordöstlich von der Abreißstelle an der Ostküste Afrikas befindet, wobei die östliche Komponente der Verlagerung von der westlichen Bewegung des afrikanischen Kontinentes herrührt, die zwar auch bei Madagaskar vorhanden sein wird, aber wie bei allen Inseln in geringerem Maße. Afrika und Südamerika sollen, weil heute auf dem Äquator liegend, nur geringe meridionale Verschiebungen erfahren. Dies steht allerdings im Widerspruch

zu der für die Entstehung des eurasiatischen Faltengürtels gegebenen Erklärung, in der gerade die Lage auf dem tertiären Äquator als wesentlich angeführt wurde!

Für die westwärts gerichteten Bewegungen werden hauptsächlich die folgenden Erscheinungen als Beweise angeführt. In Ostasien haben sich Randketten abgelöst, die bei der Westbewegung von Eurasien zurückgeblieben sind. Hinterindien und die Sundainseln bleiben nach Osten zurück, ebenso Ceylon im Verhältnis zu Vorderindien, weiterhin die Antillen in Mittelamerika, und zwar in verschiedenen starkem Maße je nach Größe, desgleichen Florida, die Südspitzen von Grönland und Südamerika.

Eine durchaus ungelöste Frage ist die allerdings wichtigste, die nach den Kräften, welche diese Verschiebungen bewirken. Als Ursache der Polflucht führt A. Wegener folgende demnächst ausführlich in Petermanns Geographischen Mitteilungen erscheinende Erklärung W. Köppens als vorläufige Mitteilung an. Der Schwerpunkt der Kontinentalschollen liegt in einer höheren Niveaufläche als der Schwerpunkt des verdrängten Simas, der als Auftriebspunkt bezeichnet wird. Die Niveauflächen sind nun um so stärker abgeplattet, je höher sie liegen, haben ihren größten Abstand am Äquator, den kleinsten am Pol, an welchen Orten sie auch parallel laufen, in mittleren Breiten sind sie aber gegeneinander geneigt. Da nun der Auftrieb senkrecht zur unteren Niveaufläche wirkt, die Schwere aber senkrecht zur oberen Niveaufläche, bilden beide Kräfte eine auf den Äquator gerichtete Resultante, die am Pol und Äquator Null, in mittleren Breiten am größten sein wird. — Die Westwanderung erklärt Wegener als die Ablenkung der äquatorwärts gerichteten Bewegung, wie sie auch sonst überall bei den Bewegungen auf der Erde eintritt.

Da nun derartige Ursachen alle in gleicher Breite befindlichen Teile der Kontinentalschollen in gleicher Weise betreffen würden, ergibt sich bei der Frage nach der Entstehung der atlantischen Spalte eine neue Schwierigkeit. Bei der jetzigen großen Entfernung der Kontinente voneinander müßte von Beginn der Trennung an auf lange Zeit Amerika eine wesentlich größere nach Westen gerichtete Geschwindigkeit gehabt haben als Eurasien-Afrika, was der Auffassung besonders deswegen große Schwierigkeiten bereitet, weil sich Amerika an der Stirnseite der großen Kontinentalmassen befand, also einen größeren Widerstand zu überwinden hatte als Eurasien-Afrika, für die gewissermaßen der Weg im Sina durch Amerika bereits gebahnt war. Die von Köppen-Wegener herangezogenen Kräfte können vielleicht mitwirkend sein, sie genügen allein jedoch nicht, die angenommenen Verschiebungen zu erklären. Die Frage nach den Ursachen der Verschiebungen muß als bislang ungelöst bezeichnet werden.

Wenn die Kontinentalverschiebungen in der Vorzeit eine derart große Rolle gespielt haben, wie es die Verschiebungstheorie lehrt, so ist ohne weiteres anzunehmen, daß diese Verschiebungen auch heute noch andauern, und diese müssen sich dann durch fortlaufende exakte Beobachtungen der geographischen Koordinaten feststellen lassen. J. P. Koch hat nun aus den Längenbestimmungen von Sabine (1823), Börgen und Copeland (1870) und Koch (1907) die Veränderung der Lage Grönlands untersucht und für die Verschiebung Grönlands nach Westen folgende Werte gefunden:

im Zeitraum 1823—1870: 420 m oder 9 m im Jahr,

im Zeitraum 1870—1907: 1190 m oder 32 m im Jahr.

Die mittleren Fehler der Längenbestimmungen werden wie folgt angegeben:

1823 etwa 124 m, 1870 etwa 124 m, 1907 etwa 256 m,

so daß hiernach die genannte Veränderung der Lage Grönlands als reell anzusehen wäre.

Überblicken wir das kunstvolle Gebäude der Verschiebungstheorie im Zusammenhange, so müssen wir zugeben, daß eine erstaunliche Fülle von Erscheinungen unter einem einigenden Gesichtspunkt zusammengefaßt ist. Gewiß bleibt noch so manche Frage ungelöst, aber doch kann man sich dem Eindruck nicht verschließen, daß der Theorie ein richtiger Kern innewohnt, zumal einwandfreie Gegenbeweise bislang nicht erbracht sind. Gegenüber anderen, ähnlich weite Ausblicke eröffnenden Theorien hat die Verschiebungstheorie den Vorteil, daß wir in verhältnismäßig kurzer Zeit ganz exakte Beweise für sie erwarten können, sobald in internationaler Zusammenarbeit während längerer Zeiträume durch genaue Bestimmungen der geographischen Koordinaten von Orten, die nach der Verschiebungstheorie besonders großen Bewegungen unterworfen sind, die Veränderung der Lage der Kontinente und Inseln zueinander festgestellt ist. Hoffentlich gelingt es bald, zunächst die vor dem Kriege begonnene Zusammenarbeit zwischen Europa und Nordamerika zur Untersuchung dieser Frage wieder aufzunehmen und damit eines der wichtigsten Probleme der Geophysik, Geologie und Geographie einwandfrei zu lösen.

Literatur:

1. A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente, Geologische Rundschau 3, 1912, S. 276—292, und Petermanns Geogr. Mitteil. 1912, S. 185—195, 253—256, 305—309.
A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Sammlung Vieweg Heft 23, 1915.
2. A. Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Die Wissenschaft Bd. 66, 2. gänzlich umgearbeitete Auflage mit 33 Abbildungen, Braunschweig 1920.
3. W. Soergel, Das Problem der Permanenz der Ozeane und Kontinente. Habilitationsvortrag, Tübingen, Stuttgart 1917; ausführliches Referat in: Annalen der Hydrographie usw. 1918, S. 332—337.
4. W. Soergel, Die atlantische „Spalte“. Kritische Bemerkungen zu A. Wegeners Theorie von der Kon-

- tinentsverschiebung. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft Bd. 68, Jahrgang 1916, S. 200 bis 239.
5. E. Dacqué, Grundlagen und Methoden der Paläogeographie, Jena 1915.
 6. K. Andrée, Über die Bedingungen der Gebirgsbildung, Berlin 1914.
 7. E. Tams, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1921, S. 44—52, 75—83.
 8. K. Andrée, Geologie des Meeresbodens, II. Band, Berlin 1920.
 9. H. Quiring, Über das Problem der Krusten- und Gebirgsbildung usw. Geologische Rundschau Bd. XI, S. 193—234, Leipzig 1921.

Besprechungen.

Hertwig, Oscar, Allgemeine Biologie, 5. Aufl. Bearbeitet von Oscar Hertwig und Günther Hertwig. Jena, G. Fischer, 1920. XVI, 800 S. und 484 Textfiguren. Preis geh. M. 45,—; geb. M. 56,50.

Die fünfte Auflage, die Hertwig zusammen mit seinem Sohne bearbeitet hat, ist der vierten in einem Abstand von 8 Jahren gefolgt, ein Beweis für die Wertschätzung, deren sich das umfassende Werk bei allen Biologen erfreut. Es ist den Verfassern gelungen, seinen Umfang beizubehalten, obwohl die Ergebnisse der letzten Jahre volle Berücksichtigung gefunden haben. Dies war möglich durch Kürzen mancher theoretischen Abschnitte, für deren ausführliche Erörterung auf das inzwischen erschienene Buch O. Hertwigs: „Das Werden der Organismen“ verwiesen wird. Manchmal erscheint mir das bedauerlich, so besonders, daß das ganze Kapitel über die Stellung der Biogenese zu anderen Entwicklungstheorien in historischer Übersicht verschwunden ist.

Die Vergleichung zeigt, daß in allen wesentlichen Fragen die Stellungnahme gegenüber der früheren Auflage unverändert geblieben ist, dagegen im einzelnen zahlreiche Zusätze und manche Umformungen eingetreten sind. Die ersten neun Kapitel, die sich mit den physikalisch-chemischen und den Lebens-eigenschaften der Zelle befassen, sind im wesentlichen unverändert geblieben. Im zehnten Kapitel finden wir bei der Wechselwirkung zwischen Kern und Protoplasma wichtige Zusätze, die Erfahrungen über die Keimbahnkörper und die Beeinflussung der Kerndiminution durch das Plasma nach den Befunden von Boveri und Kahle. Bei der Kernplasmarelation sind zugefügt die Ergebnisse der Versuche über Vermehrung und Verminderung der Chromosomenzahl durch Radiumbestrahlung, Riesenkernbildung und Pfropfung. Das elfte Kapitel enthält an Neuem besonders die Berücksichtigung der Morganschen Befunde an *Drosophila*, das „Crossing over“ bei der Synapsis. Im zwölften Abschnitt sind bei Besprechung der Selbstbefruchtung auch die wichtigen Versuche von Correns über selbststerile Pflanzen verwertet. Die Ergebnisse der Versuche über Befruchtung mit artfremdem oder Radiumsperma werden jetzt völlig als Parthenogenese gedeutet. Das dreizehnte Kapitel über die Zelle als Anlage eines Organismus bietet in seinen ersten Teilen nichts Neues; die Verf. halten an der Ablehnung der physikalisch-chemischen Auffassung der Befruchtung, wie sie Loeb vertritt, fest, andererseits sehen sie in der Amphimixis kein Mittel zur Schaffung neuer Formen, sondern im Gegenteil den Ausgleich geringfügiger physiologischer Differenzen. Die cytologischen Grund-

lagen der Vererbung werden nur ganz kurz behandelt, etwas ausführlicher die experimentellen. Hier sind die Ergebnisse von Boveri und Herbst über Potenzverschiebungen bei Rieseneiern bzw. Diploidie des Eikerns neu verwertet, sowie die Darstellung der Mendelschen Regeln stark erweitert.

Im zweiten Teil des Buches sind die ersten Abschnitte über die Bildung von Zellverbänden und ihre Differenzierung sowie die äußeren Faktoren der Entwicklung kaum verändert. Bei Besprechung der inneren Faktoren ist das Kapitel über Weismanns Keimplasmatheorie weggefallen, doch wird seine Theorie der erbungleichen Teilung im 22. Kapitel ausführlich widerlegt. Bei der Darstellung der Regulationen werden die Spemannschen Versuche über Determination bei Tritonembryonen mehr herangezogen als früher. Unter den chemischen Korrelationen werden auch die Steinachschen Versuche über sekundäre Geschlechtscharaktere, sogar seine viel umstrittenen Ergebnisse am Menschen, angeführt, leider waren die wichtigen Arbeiten von Goldschmidt über Intersexualität bei Abfassung des Buches noch nicht erschienen. Bei der Behandlung der Hormonwirkung der Schilddrüse ist mir das Fehlen der neuen Arbeiten über die Beziehung dieses Organs zur Metamorphose der Amphibien aufgefallen; an anderer Stelle sind die betr. Arbeiten kurz gestreift. Im 28. Kapitel über Vererbung neu erworbener Eigenschaften werden die Versuche über morphologische und physiologische Veränderung von Bakterien und Protozoen ausführlich besprochen, dabei aber die wichtige Frage nach der Erhaltung dieser Veränderungen bei Geschlechtsprozessen gar nicht berücksichtigt.

Eine Wertung des Gedankengehaltes des Werkes, insbesondere der Theorie der Biogenese, hat hier wohl zu unterbleiben, da die neue Auflage hierin keine Veränderungen aufweist. Wie man sich auch dazu stellen mag, für jeden, der sich als Forscher oder Student mit allgemeiner Biologie beschäftigt, wird das Werk auch in seiner neuen Form eine ausgezeichnete Einführung und Übersicht bieten. Das von Günther Hertwig speziell bearbeitete Kapitel über Geschlechtsbestimmung und Sexualität fügt sich dem Stile des Ganzen vortrefflich ein.

O. Steche, Frankfurt a. M.

Zuschriften an die Herausgeber.

Ponderable Gase und Lichtäther.

Dem Lichtäther werden bekanntlich folgende Eigenschaften zugeschrieben: Formelastizität nach Art der festen Körper, resp. die Fähigkeit zu transversalen Lichtschwingungen, ferner Imponderabilität und Erlangung eines großen Widerstandes gegenüber Körpern, die sich mit einer der Lichtgeschwindigkeit nahekommenden Geschwindigkeit in dem Äther bewegen, welcher Widerstand nach dem Lorentz-Fitzgeraldschen Theorem unendlich groß werden würde, wenn der bewegte Körper genau mit Lichtgeschwindigkeit sich bewegen würde. Es läßt sich nun teils experimentell, teils durch Beobachtung terrestrisch-astronomischer Vorgänge nachweisen, daß jedes gewöhnliche ponderable Gas, wie z. B. Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlensäure usw., die analogen Erscheinungen zeigen kann.

Legt man auf eine Tischplatte etwa $\frac{1}{4}$ kg Schwarzpulver oder anderenfalls dieselbe Menge Knallquecksilber oder Dynamit frei auf, so wird bei der Explosion des Schwarzpulvers die Tischplatte nicht beschädigt, im anderen Fall jedoch in kleine Splitter

zertrümmert. Die Ursache dieses so verschiedenen Verhaltens von Schwarzpulver und brisanten Sprengstoffen ist in der bedeutend größeren Geschwindigkeit zu erblicken, mit welcher sich die Explosionsgase der Sprengstoffe in der Luft ausbreiten. Ist die Geschwindigkeit der Explosionsgase groß genug, so können die umgebenden Luftmoleküle — infolge ihrer Trägheit — dem Stoße nicht mehr ausweichen und ballen sich zu einer starren Luftwand zusammen, welche — bei Explosion größerer Sprengstoffmengen momentan einen geradezu enorm großen Widerstand darbietet und dadurch die Sprengwirkung frei liegender Explosivstoffe ermöglicht. Die Trägheit der Luftmoleküle allein reicht jedoch nicht aus, um eine „starre Luftwand“ zu erzeugen; dies läßt sich durch Laboratoriumsversuche nachweisen. Legt man ein kleines Blatt Zeichenpapier auf einen Holzring von etwa 6 cm Durchmesser, so wird dasselbe in freier Luft durch die Explosion von 0,05 bis 0,08 g Kupferazetylen, welches in der Mitte des Zeichenpapiers angehäuft wurde, verläßlich durchlocht, während bei der Verpuffung einer gleichen oder selbst der doppelten und dreifachen Menge Schwarzpulvers das Zeichenpapier *nicht* durchlocht wird.

Wiederholt man genau den gleichen Versuch unter dem Rezipienten einer Luftpumpe, so zeigt sich, daß bei einer Verdünnung der Luft auf 50 bis 40 mm Quecksilbersäule das Kartenpapier durch die gleiche Menge Kupferazetylen *nicht mehr* durchschlagen wird. Die Durchlochung des Papiers hängt daher nicht nur von der Geschwindigkeit ab, mit welcher sich die Explosionsgase ausbreiten, sondern auch davon, ob die Moleküle der umgebenden Luft dem Explosionsstoße mehr oder weniger leicht ausweichen können.

Bei einer zweiten Versuchsreihe wurde die Glasglocke der Luftpumpe mit Wasserstoffgas gefüllt, dessen Moleküle leichter beweglich sind als die Luftmoleküle. Die Durchlochung des Zeichenpapiers hörte dann schon bei ca. 70 mm Druck auf, hingegen in Kohlensäure erst bei 30 mm Druck. Es wurde endlich das Kupferazetylen durch einen Sprengstoff ersetzt, bei welchem sich die Explosionsgase mit einer erheblich größeren Geschwindigkeit ausbreiten als beim Schwarzpulver, aber mit einer etwas geringeren als bei Kupferazetylen. Ein solcher Sprengstoff ist der bekannte Zündsatz aus chloresaurom Kali und Schwefelantimon. Die Durchlochung des Papiers hörte dann in Luft bei ca. 100 mm Druck auf.

Verhindert man die Moleküle eines Gases, seitlich einem Stoße ausweichen zu können, dann reicht schon eine relativ geringe Geschwindigkeit aus, um in dem Gase einen enorm großen Widerstand zu erzeugen. Dies zeigt sehr deutlich folgender Versuch: Verschließt man die Mündung eines Infanteriegewehres durch ein aufgekittetes dünnes Glasscheibchen und pumpt den Gewehrlauf durch ein seitlich angesetztes Rohr luftleer, dann zerschmettert die Gewehrkuugel beim Abfeuern das Glasscheibchen und fliegt (bei 620 m Anfangsgeschwindigkeit) noch 3000 bis 3500 m weit durch die Luft. Wird der Gewehrlauf jedoch *nicht* ausgepumpt, so bleibt die Kugel einige Zentimeter vor dem Glasscheibchen stecken, das Glasscheibchen zerbricht *nicht*, aber der stählerne Gewehrlauf reißt auf oder baucht sich mindestens stark auf.

Eine andere, in die gleiche Kategorie gehörige Erscheinung ist folgende: Im luftleeren Raum ist die Wurfweite eines fortgeschleuderten Körpers um so größer, je größer seine Anfangsgeschwindigkeit ist.

Auch im luftgefüllten Raum ist für gewöhnlich das gleiche der Fall; z. B. die Schußweite einer Kanone ist um so größer, je größer die Anfangsgeschwindigkeit des Projektils ist. Dies gilt aber nur bis zu einer bestimmten Geschwindigkeitsgrenze, dann tritt der umgekehrte Fall ein. Wenn Meteore mit planetarischen Geschwindigkeiten von 30 000 bis 70 000 m/sec in unsere Atmosphäre eindringen, dann haben sie eine erstaunlich kurze Flugdauer und bleiben schon nach wenigen Sekunden an ihrem „Hemmungspunkte“ stehen, worauf *Haidinger* zuerst aufmerksam machte. *Ed. Weiß*¹⁾ wies dann nach, daß dieser Geschwindigkeitsverlust, um so früher eintritt, je *rascher* sich die Meteore bewegt haben.

Die vorerörterten Versuche und Beobachtungen lehren also deutlich, daß der Widerstand eines Gases enorm groß wird, wenn die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Körper oder die Moleküle von Explosionsgasen in dem betreffenden, ruhenden Gase bewegen, sehr groß ist, und zwar weist die Beobachtung an Meteoren darauf hin, daß es für jedes bestimmte Gas bei einem bestimmten Druck und (wie man hinzufügen kann) bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte „kritische“ Geschwindigkeit geben muß, welcher gegenüber der Widerstand des Gases *unendlich groß* werden würde. Das ist aber genau dieselbe Erscheinung, welche *H. A. Lorentz* für den Lichtäther abgeleitet hat, dessen kritische Geschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit ist.

Eine weitere Analogie zwischen Lichtäther und ponderablen Gasen ergibt sich aus folgendem: Wenn sich ein Körper an der Grenze unserer Atmosphäre, wo er keinen Luftwiderstand mehr findet, mit der Endgeschwindigkeit des freien Falles (11 183 m) nach aufwärts bewegt, so entfernt er sich bekanntlich für immer aus dem Gravitationsbereich unserer Erde. Dasselbe gilt für einzelne Gasmoleküle, welche sich mit dieser Geschwindigkeit bewegen. Ein Gas, dessen Moleküle bei einer bestimmten Temperatur eine mittlere, thermische Geschwindigkeit besitzen, welche gleich der Endgeschwindigkeit des freien Falles ist, entfernt sich daher dauernd von einem Weltkörper und übt keinen Atmosphärendruck aus. Die Formel

$$\sqrt{Dg} = 2609 \sqrt{\frac{T}{m \cdot 273}}$$
 worin D der Durchmesser eines Weltkörpers, g dessen Accelerationskonstante, m das Molekulargewicht bedeuten, bezeichnet daher jene Grenzbedingung, unter welcher ein ponderables Gas für einen bestimmten Weltkörper *imponderabel* erscheint.

Für den Mond wäre demnach das Wasserstoffgas bei einer Oberflächentemperatur von 139° C *imponderabel*; für unsere Erde wäre bei —150° C ein Gas dann *imponderabel*, wenn seine Atome 83mal leichter sein würden wie die Wasserstoffatome.

Eine dritte Analogie zwischen Lichtäther und ponderablen Gasen ergibt sich aus folgendem Versuch: Bringt man bei dunkler Nacht zwei freihängende Dynamitpatronen à etwa 200 g in einem Abstand von 1 m gleichzeitig zur Explosion, so emittiert die zwischen den beiden Patronen zu einer „starken Wand“ zusammengepreßte Luft ein intensives *kontinuierliches* Spektrum, also ein solches Spektrum, wie es glühende feste Körper aussenden. Wer vermuten

¹⁾ *Littrow-Weiß*, 8. Auflage, Berlin 1897, S. 601.

würde, dieses kontinuierliche Spektrum rühre von glühenden festen Staub- und Kohleteilchen her, könnte sich von dem Gegenteile überzeugen, wenn er einen Versuch in vollkommen staubfreier Luft mit Jodstickstoff oder Chlorstickstoff ausführen würde. Wenn nun die Aussendung eines *kontinuierlichen* Spektrums als Beweis für das Vorhandensein transversal schwingender, mit Formelastizität begabter Teilchen angesehen wird, so muß zugegeben werden, daß eine *explosive „starre Gaswand“* *geradeso die Formelastizität eines festen Körpers vortäuscht wie der Lichtäther.*

Die Schlußfolgerungen aus den vorstehend erörterten Versuchen und Beobachtungen können wie folgt zusammengefaßt werden.

1. Die sog. Lorentz-Kontraktion gilt nicht nur für den Lichtäther, sondern auch für jedes beliebige, ponderable Gas; für letztere aber mit dem Beifügen, daß die zur Erreichung eines unendlich großen Widerstandes erforderliche „kritische Geschwindigkeit“ um so geringer ausfällt, je größer die Dichte und je größer das Molekulargewicht des Gases ist.

2. Ein experimenteller Beweis für die Lorentz-Kontraktion im Äther ist der bekannte Versuch von W. Kaufmann mit solchen β -Teilchen, welche sich nahezu mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Bei dieser Auffassung des Versuches entfällt die Notwendigkeit zur Annahme einer *scheinbaren* Masse der Elektronen.

3. Betrachtet man nach Maßgabe der vorstehend erörterten Analogien zwischen ponderablen Gasen und Lichtäther den letzteren ebenfalls als ein ponderables Gas, dann erscheint — wie ich an anderer Stelle¹⁾ darlege — das negative Resultat des Michelsonschen Versuches ganz selbstverständlich und naturnotwendig und bedarf zu seiner Erklärung weder der Lorentz-Kontraktion, noch sonst irgendeiner weithergeholten Begründung.

Treibach-Althofen, im März 1921.

Dr. Friedrich Wächter.

Die Zweiphasentheorie des kritischen Zustandes.

In Heft 3 dieses Jahrgangs (S. 52) findet sich ein längeres Referat von Hermann Rassow Untersuchungen über den kritischen Zustand nach einer Arbeit von Paul Hein, Dissert. Rostock, sowie Zeitschr. phys. Chem. Bd. 86, S. 385, 1914. — Diese Arbeit, wie auch die erwähnten Arbeiten von Teichner, nach dessen Methode Hein arbeitete, sind in meinem Laboratorium unter meiner Leitung ausgeführt worden. Der Einsender des Referats erwähnt aber meinen Namen nur in einem kurzen Schlußsatze: „Hein glaubt, in diesen Ergebnissen eine Stütze der Traubeschen Zweiphasentheorie erblicken zu müssen“; was man unter dieser Zweiphasentheorie versteht, erwähnt der Referent nicht. Es dürfte indessen die Leser der Zeitschrift interessieren, einiges über diese Zweiphasentheorie (vgl. Traube, Verhandl. der Deutsch. Physik. Gesellschaft Bd. 15, S. 1219, 1913) zu erfahren.

Nach dieser Theorie wird angenommen, daß in der Nähe der kritischen Temperatur sowohl oberhalb wie unterhalb derselben zwei Molekülarten vorhanden sind: Fluidonen und Gasonen, und daß die kritische Temperatur als diejenige Temperatur zu deuten ist, bei welcher zwei Phasen: eine Lösung von Gasonen in Fluidonen und von Fluidonen in Gasonen in jedem Verhältnis miteinander mischbar werden. Die zahlreichen Anomalien der Dichte und anderer Eigenschaften,

welche von Seiten verschiedener Forscher (Hein, Bradley, Brown und Hale u. a. Phys. Rev. Bd. 19, 259, 1904; Bd. 26, S. 470, 1908 und Bd. 27, 90, 1908) bei reinsten Stoffen noch etliche Grade oberhalb der kritischen Temperatur beobachtet wurden, finden durch diese Theorie eine einfache Deutung.

In bezug auf das Wesen der Gasonen und Fluidonen sind zwei Hypothesen möglich:

1. Es ist bekannt, daß zum mindesten bei mehratomigen Molekülen bei der Vergasung eine erhebliche Vergrößerung des Volumens der Einzelmoleküle, der Größe b von van der Waals statthat. Das Gason wäre hiernach ein räumlich größeres Einzelmolekül als das Fluidon. Quantentheoretisch wäre diese räumliche Verschiedenheit der Moleküle ja sehr wohl verständlich; vielleicht gibt das Studium der kritischen Erscheinungen beim reinen Argon die Möglichkeit, über die Brauchbarkeit dieser Hypothese zu entscheiden.
2. Die Dichteanomalien treten auf bei den assoziierten wie nichtassoziierten Flüssigkeiten. Es scheint indessen, daß kein prinzipieller Unterschied zwischen assoziierten und nichtassoziierten Flüssigkeiten besteht, denn die Assoziationsfaktoren gehen, wie von mir und später von Walden festgestellt wurde, den Binnendruck parallel. Eine Flüssigkeit wie Äthyläther kann daher sehr wohl auch aus Molekülkomplexen bestehen, nur werden bei dieser Flüssigkeit die Einzelmoleküle durch weit schwächere Anziehungskräfte zusammengehalten als etwa beim Wasser.

Man kann daher die Verschiedenheit von Gasonen und Fluidonen auch auf verschiedene Molekülaggregate im gasförmigen und flüssigen Zustande zurückführen und diese Annahme würde am besten mit der dynamischen Hypothese von Smoluchowski übereinstimmen, welcher (Ann. der Phys. (4), 21. Bd. S. 756, 1906; Bd. 25, 265, 1908 und Bd. 26, 57, 1908) von kinetischen Betrachtungen ausgehend, die Nebel auf Bildung vorübergehender diffuser Anhäufungen von Molekülen zurückführt. Daß diese Anhäufungen allerdings eine recht erhebliche Stabilität besitzen, zeigten Untersuchungen von Lepkowski (Zeitschr. phys. Chemie Bd. 75, S. 608, 1910), welcher mit dem Cardiod-ultramikroskop beobachtet hatte, „daß, wenn ein größerer Tropfen (Nebeltropfen) bei der Erwärmung schon verschwunden war und ebenso das Flimmern nicht mehr zu sehen war, derselbe unter vorhergehendem Flimmern bei der Abkühlung genau auf demselben Platze wieder auftrat und sogar mit denselben Konturen wie früher“. Auch von Hein sowie Bradley, Brown und Hale wurde festgestellt, daß die nebelbildende Materie nach dem Verschwinden des Nebels unsichtbar fortbesteht.

Während die Gesamtheit der von Hein und anderen beobachteten Erscheinungen sich *ausnahmslos* vom Standpunkte der Zweiphasentheorie leicht erklärt, bietet die Einphasentheorie dem Verständnis mancher Beobachtung erhebliche Schwierigkeiten.

Es gelang beispielsweise Hein, mit reiner Kohlen-säure, welche weniger als $\frac{1}{100000}$ Unreinheiten enthielt, in Rohren, deren Inhalt so verschiedene Dichten zeigte wie 0,341 und 0,589, die kritischen Erscheinungen unter Anwendung der beschriebenen Glaskügelchenmethode zu beobachten, während bekanntlich nach der klassischen Theorie diese Erscheinungen nur bei einer einzigen ganz bestimmten Größe der Füllung zu beobachten sein dürften. Mit reiner schwefliger Säure gelang es sogar, durch die ungleiche Verteilung der

¹⁾ Zeitschr. Sirius 1921.

Glaskügelchen in verschiedenen Höhen nach vorherigem Ausgleich der Dichten eine Differenzierung der Dichte anzuzeigen, welche darauf hindeutet, daß bereits oberhalb der Temperatur, bei welcher der Meniskus wieder erscheint, zwei Molekülarten, obwohl unsichtbar, nebeneinander bestehen müssen.

Bekannt man sich zu der hier bevorzugten Auffassung und definiert die kritische Temperatur als diejenige Temperatur, bei welcher sich zwei Phasen in jedem Verhältnis miteinander mischen, so folgt, daß man zu genauen Bestimmungen der kritischen Temperatur sich eines elektromagnetischen Rührers bedienen muß. Da dies bisher nicht geschah, so sind die kritischen Temperaturangaben im allgemeinen mit einem kleinen Fehler behaftet.

Besonders bemerkenswert bei *Heine*s Beobachtungen war noch die Feststellung, daß bei Anwendung eines elektromagnetischen Rührers die Glaskügelchen, wenn sie von dem Eisenstück gestoßen wurden, emporschnellten, um sich ebenso schnell — mehrere cm weit — wieder an den ursprünglichen Platz zurückzubewegen. Das verdichtete Gas verhält sich wie eine hochgradig elastische Kautschukmasse, eine Feststellung, welche nach verschiedenen Richtungen Interesse beansprucht (vgl. *Traube*, Verhandl. der Deutsch. Physik. Gesellschaft 15, S. 1228, 1913).

J. Traube.

Für Darwin. Ein Wort zu O. Hertwigs „Werden der Organismen“. (Aus Anlaß der zweiten Auflage.)

Ch. Darwins Lebenswerk und Persönlichkeit haben durch den Berliner Anatomen und Zellenforscher *Oskar Hertwig* in einem Buche, das sich nicht nur an Biologen, sondern an alle Gebildeten wendet, eine überaus geringschätzige Beurteilung erfahren. *Unklarheit und außerordentliche logische Schwäche, Unwissenschaftlichkeit und Oberflächlichkeit* sind Worte, mit denen *Hertwig* meint, dem Manne gerecht zu werden, dem die Biologie, wie auch der Fernerstehende bisher glauben durfte, mehr zu verdanken hat als irgendeinem anderen. Unerwarteterweise hat sich nun die Kritik fast durchweg auf die Seite von *Darwins* Gegner gestellt, und es war wohl eine Wirkung dieser von Fachmännern ausgehenden Urteile, daß schon nach kürzester Frist jenes Werk in zweiter Auflage erscheinen konnte. Auch in den „Naturwissenschaften“ hat die erste Auflage eine Bewertung gefunden, die nach meinem Dafürhalten nicht un widersprochen bleiben darf, zumal die meisten Leser dieser unserer Zeitschrift kaum in der Lage sein werden, sich auch anderweitig zu unterrichten.

Seitdem das Kampfgetümmel um die Abstammungslehre zur Ruhe gekommen ist, geht es nur noch um *Darwins* Erklärungsversuch, die Selektionstheorie. Nun muß zugestanden werden, daß diese mit Schwierigkeiten umgeben ist — eben denen, die *Darwin* selbst schon mit großer Gewissenhaftigkeit hervorgehoben hat — und daß zu ihrer sicheren Anwendung auf konkrete Fälle oft genug die Voraussetzungen fehlen. Aber nicht um diese Dinge, und überhaupt nicht so sehr um Einzelheiten, handelt es sich für *Darwins* Gegner. Vielmehr glauben diese, zu einer radikalen oder nahezu radikalen Ablehnung Grund zu haben. Entsprechend stehen für sie logische Argumente und solche der allgemeinen Wissenschaftslehre im Vordergrund. Alles kommt dann auf die Beschaffenheit dieser Argumente an: Man wird zum Beispiel fragen dürfen, wie es dann um die Logik der Kritiker steht.

Zunächst wird übersehen oder nicht recht gewürdigt, daß das Dasein einer Selektion eine Folgerung aus der Abstammungslehre und anderen tatsächlichen Feststellungen ist, die von niemandem bezweifelt werden. Einer Selektion, deren Wirkungsweise, Grad und Grenzen zwar noch vielfach der genaueren Untersuchung bedürfen, deren Ergebnis aber ganz gewiß auch nicht annähernd Null sein kann.

Doch schwerer als dieser Mangel an Folgerichtigkeit wiegt anderes. Schon bald nach Erscheinen des Ursprungs der Arten hat es Mißverständnisse gegeben, über deren Entstehung man sich nicht wundern darf bei der Verwickelung des vielseitigen Stoffs und der Leidenschaft, mit der der Kampf geführt wurde. Diese Mißverständnisse nun behaupten sich bis auf den heutigen Tag mit solcher Zähigkeit, daß es unmöglich wird, bei gewissen Schriftstellern ernsthaftes Bemühen vorauszusetzen. *Darwin* hat ja das alles noch erlebt, und auf manchen wenig überlegten Einwurf hat er mit einer Sachlichkeit geantwortet, die einen jeden der Belehrung hätte zugänglich machen sollen. Indessen erscheinen in der antidarwinistischen Literatur nicht nur dieselben Entstellungen immer wieder, sondern sie werden, ganz unverantwortlicher Weise, so vorgebracht, als ob es nie eine Berichtigung gegeben hätte. Die Gegner haben sich überhaupt um *Darwins* Werke und um das darin zusammengebrachte reiche Tatsachenmaterial wie auch um das, was die Folgezeit noch hinzugetragen hatte, je länger je weniger gekümmert. Wie schon gesagt, hat man sich mehr in allgemeinen Wendungen ergangen, wie es ja kaum anders möglich war, wenn man schon einmal die Angelegenheit vor das Forum eines Laienpublikums bringen wollte. Auch hat man häufig statt aus den Originalschriften lieber aus abgeleiteten Quellen geschöpft. Und das ist noch nicht einmal das Schlimmste. Es läßt sich im einzelnen verfolgen, wie eine Kritik sich auf der anderen aufbaut, wie immer neue und immer bedenklichere Mißdeutungen hinzugefügt werden, bis schließlich ein förmlicher Popanz entsteht, der vor den Augen eines schaulustigen Publikums mit leichter Mühe zerfleddert werden kann. Gewiß läßt sich manches entschuldigen, da es in den Schriften von *Darwins* minder vorsichtiger Gefolgschaft an allerlei Entgleisungen ebenfalls nicht gefehlt hat. Aber mit der Vorzeigung einer Karikatur an Stelle der Selektionstheorie ist denn doch bei weitem die Grenze dessen überschritten, was noch eine milde Beurteilung zuläßt. Die Originalschriften sind ja jedem zugänglich. Wenn einer andere angreifen will, so soll er ihre Ansichten zuerst einmal gründlich kennen lernen und zu verstehen suchen, und dann soll er auf deren getreue Wiedergabe die Sorgfalt verwenden, die allein mit unbedingter Wahrheitsliebe und mit Achtung vor den Rechten der fremden Persönlichkeit vereinbar ist.

Die augenblicklich letzte Phase des geschilderten Vorgangs haben wir in dem Buch von *O. Hertwig* vor uns. Nicht in einem einzigen Falle hat *H.* für seine Behauptungen einen stichhaltigen Beweis erbracht. Gerade die Angaben, auf die er seine abfälligsten Urteile gründet, stehen mit *Darwins* unzweideutigen Worten in diametralem Widerspruch. Ebenso werden von *Hertwig* die Ansichten eines anderen hochverdienten Forschers, *A. Weismann*, entstellt. *H.* behauptet sogar, „die Darwinisten“ ließen jede Art, Gattung usw. von einem einzigen Paar abstammen, wie es die mosaische Schöpfungsgeschichte tut! Zu diesen und anderen sachlichen Entgleisungen kommt noch eine sehr befremdliche Taktik. Was die Gegner diskreditieren kann,

sei es auch nur in den Augen der allerunverständigsten Leser, wird wahllos vorgeführt. So wird der Begriff des Nutzens, den die Selektionstheorie braucht, den aber *Hertwig* nicht versteht, geschmackloserweise mit dem „Handelsgeist“ der Engländer in Verbindung gebracht. In einem anderen Buche desselben Verfassers, auf das verwiesen wird, heißt es gar, die Lehre *Darwins* führe zur Aufhebung der Moral und des Rechts. Ja, sie sind gefährliche Subjekte, diese Darwinisten, wo nicht gar teuflische Bösewichter! Man sollte ihnen Gelegenheit geben, hinter Schloß und Riegel ihre abscheuliche Theorie einer Revision zu unterziehen!

Daß *Hertwig* in gewissen Blättern, z. B. im Organ des Keplerbundes, für solche Verdienste reiche Anerkennung gefunden hat, läßt sich denken. Was aber soll man dazu sagen, daß *Naturforscher* gegen diese merkwürdigen Methoden des Polemisierens nichts einzuwenden finden?!

Hiermit komme ich zur bedenklichsten Seite der Sache, zum *Erfolg* eines so beschaffenen Buches. Die mildeste Auffassung ist offenbar, daß alle jene Rezensenten, die es ihren Lesern anempfehlen, ebenfalls vorgeeignet sind, und daß sie außerdem das Buch höchstens ganz flüchtig gelesen haben können. Sie müssen die Bestätigung ihrer eigenen Meinung darin gefunden haben, sonst hätten sie doch wohl Verdacht schöpfen müssen. Jedenfalls haben auch sie mehr über *Darwin* als von *Darwin* gelesen. Und so haben sie denn mit geschlossenen Augen ihr Placet hingeschrieben.

Es ist überhaupt ein Elend um diese Art von popularisierender Literatur. Der Laie, dem Kenntnisse und Schulung fehlen, der häufig keine Ahnung davon hat, daß wissenschaftliche Einsichten erarbeitet sein wollen, und nichts Geringeres verlangt, als eine „Weltanschauung“, auf dem Präsentierteller entgegengebracht, wird da zum Richter angerufen und von allen Seiten mit halbverdauten Tatsachen, fließenden Begriffen und dialektischen Kunststückchen bearbeitet. Was konnte in unserem Falle, wie in so manchem anderen, das große Publikum wohl tun, als denen zu glauben, die ihm allerdings als besonders kompetent und als Repräsentanten des jüngsten Fortschritts erscheinen mochten? Es überlegt sich natürlich nicht, daß zum Beispiel ein Laboratoriumsbiologe etwas anderes ist als ein *field naturalist* (unserer Sprache fehlt ein Wort für diesen Begriff). Es kommt ihm nicht in den Sinn, daß das Anstellen von Beobachtungen und die theoretische Deutung und Verknüpfung des Gefundenen sehr verschiedene Aufgaben sind, besonders wenn es sich, wie hier, um ein Ineinandergreifen einer ganzen Reihe von Disziplinen handelt. Es fällt ihm nicht ein, daß die Kenntnisse und Fähigkeiten, die im einen oder anderen Falle erforderlich sind, schwerlich regelmäßig in Personalunion stehen werden. Und noch so manches andere bedenkt dieses Publikum nicht, auf das dafür Ämter und Würden einen über die Maßen tiefen Eindruck zu machen pflegen. Es fragt auch wenig danach, was Geistes Kinder die eigentlich sind, von denen es seine Meinungen fix und fertig bezieht. Und was andere denken mögen, die weder populäre Bücher noch Rezensionen schreiben, kann überhaupt niemand wissen, der es nicht erfahren hat.

Schon damals, als die Sache anfang, ist ein kaum wieder gut zu machender Fehler begangen worden. Hätte man wenigstens nach Erscheinen von *A. Wigands* dreibändiger Kritik des Darwinismus die drohende

demagogische Gefahr erkannt und das rechte Wort gefunden, so hätte heute niemand es wagen dürfen, ein so wenig durchdachtes und dazu noch in hochfahrenden Töne geschriebenes Buch der Öffentlichkeit zu übergeben. Auch darum war es nicht ganz wohlgetan, *Wigands* Werk zu ignorieren, weil bei aller Schwäche der Argumentation sein Verfasser Achtung vor der ernsthaften Arbeit anderer und ehrliches Streben nach Objektivität keineswegs hat vermissen lassen. Aber das Verantwortlichkeitsgefühl, das bei *Wigand* noch deutlich zu erkennen war, ist so manchem seiner Nachfolger abhanden gekommen, wie es ja auch auf der anderen Seite bei vorschnell popularisierenden Schriftstellern oft genug gefehlt hat.

Daß auch jetzt wieder, wie übrigens noch öfter in der Zwischenzeit, die geschwiegen haben, die vor anderen zu reden berufen gewesen wären, ist sehr zu beklagen. Allerdings, eine unberechtigte Opposition wird schon irgendwann einmal ganz von selbst aufhören, wie ja zum Beispiel auch der Widerspruch gegen die Lehre von der Veränderlichkeit der Arten schließlich still geworden ist. Aber mittlerweile werden angehende im Urteil noch unsichere Forscher in ihrer Entwicklung geschädigt, und wichtige Probleme finden allzulange keine genügende Bearbeitung. Die Irreführung des größeren Publikums sollte man ebenfalls nicht so gleichgültig hinnehmen. Schließlich kommt für uns auch noch das Ansehen der deutschen Forschung in Betracht. Wir haben auch in der wissenschaftlichen Welt nicht mehr viele Freunde, ja, wir werden mit Gehässigkeit beurteilt und geradezu verleumdet. Also sollten wir sehr darauf achten, daß nicht auch noch bei anständig denkenden Forschern anderer Nationen Vorstellungen entstehen und sich festsetzen können, die zum Glück nicht der Wirklichkeit entsprechen. Daß von einer ganzen Reihe von Schriftstellern so überaus unbillig sogar ein Forscher wie *Darwin* behandelt wird, dem die Welt zu unendlichem Danke verpflichtet ist, muß für jeden wirklichen Kenner von *Darwins* Schriften etwas Empörendes haben. Aber auch in jedem anderen Falle wäre eine Kritik, die sich überhaupt vernehmen lassen wollte, unbedingt verpflichtet gewesen, die erhobenen Vorwürfe auf ihre Berechtigung hin zu prüfen.

Lediglich wegen der bezeichneten Begleiterscheinungen habe ich *Hertwigs* Kritik des „Darwinismus“ einer Analyse unterzogen. Man findet diese in der Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre (Bd. 24, 1920, S. 33–70), und auf sie muß hier verwiesen werden. Man wird dort unter anderem den Versicherungen *O. Hertwigs* über den angeblichen Sinn der Selektionslehre Zitate aus *Darwins* Schriften gegenübergestellt finden. — Das dort Gesagte sei noch durch eine Stelle aus einem Briefe ergänzt, den ich gerade bei Abfassung des vorliegenden Aufsatzes erhalten habe:

Die Kritiker, die an *Darwins* Methode mäkeln und Widersprüche, Mangel an Logik und unwissenschaftliches Denken darin finden, vergessen, daß *Darwin* sehr ausgezeichnete Spezialarbeiten über die verschiedensten Gegenstände veröffentlicht hat, die allgemein anerkannt werden und in denen niemand etwas von solchen Fehlern zu erkennen vermocht hat. Es muß auffallen, daß derselbe Mann, der in diesen Fällen den Befähigungsnachweis voll erbracht hat, in anderen so gottverlassen darauf losschreiben konnte.

(Da der Urheber dieser Zeilen seinen mit der Maschine geschriebenen Brief versehentlich nicht unterzeichnet hat, so kann ich ihm nur auf diesem Wege

danken und ihn bitten, mir seinen Namen und seine Adresse nicht vorzuenthalten.)

Bonn, den 24. November 1920.

E. Study.

Auf die Zuschrift zu erwidern, hat Herr Hertwig abgelehnt.

Die Schriftleitung.

Astronomische Mitteilungen.

Sternparallaxen. Unter den verschiedenen Methoden, die Entfernung der Sterne bzw. deren Parallaxe (den Winkel, unter dem die halbe große Achse der Erdbahn vom Stern aus bei senkrechter Stellung zum Visionsradius erscheint) aus Beobachtungen herzuleiten, tritt die *photographische Methode* mehr und mehr in den Vordergrund. Eine Reihe neu vorliegender Arbeiten geben eine recht erhebliche Anzahl bisher unbekannter Parallaxenwerte, die sämtlich durch Ausmessungen photographischer Platten erhalten sind.

Unter den hierher gehörenden Veröffentlichungen sind hervorzuheben: die Publications of the Allegheny-Observatory of the University of Pittsburgh (Volume 5); die Publications of the Leander Mc Cormick Observatory of the University of Virginia (Volume 3); die „Stellar Parallaxen determined at the Royal Observatory, Greenwich“ (Monthly Notices of the R. Astronomical Society Vol. 81, Nr. 1); schließlich die Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory Nr. 158.

Es handelt sich bei der Messung der Sternparallaxen um ein genaues Festlegen des nur wenige Bruchteile von Bogensekunden betragenden Richtungsunterschiedes nach einem Stern von entgegengesetzten Punkten der Erdbahn aus, und es hat sich gezeigt, daß gerade die Vermessung photographischer Himmelsaufnahmen, die mit *langbrennweitigen* Fernrohren zu erhalten sind (der Refraktor des Allegheny-Observatoriums besitzt z. B. eine Brennweite von 10 m; dem großen Reflektor auf Mount Wilson wurde durch Zusatzspiegel eine Brennweite von 24½ m gegeben), eine außerordentlich scharfe Bestimmung solcher Richtungsunterschiede ermöglicht. Diese Unterschiede beziehen sich auf benachbarte schwächere Vergleichsterne, von denen wir annehmen, daß sie erheblich weiter als die Parallaxensterne selbst entfernt sind und infolgedessen ihre Richtung in einem bedeutend geringeren Betrag als diese verändern („Relative Parallaxen“). Man kann die Parallaxen der Vergleichsterne selbst noch genähert in Rechnung stellen und dadurch zu *absoluten* Parallaxen gelangen, die im allgemeinen von den relativen Parallaxen nur um wenige Tausendstel einer Bogensekunde abweichen. Besondere Vorsichtsmaßregeln sind allerdings bei der Herstellung solcher Aufnahmen notwendig; vor allem müssen sie zur Vermeidung störender Einflüsse der Erdatmosphäre möglichst in der Nähe des Meridians ausgeführt werden.

Man erkennt die Bedeutung der erlangten Resultate vielleicht am besten an einem Beispiel. Wir wählen den *Doppelstern 61 Cygni*, dessen Parallaxe am häufigsten bestimmt worden ist. Zuerst seien einige ältere Werte¹⁾ gegeben, soweit sie heute noch in Betracht zu ziehen sind. Diese relativen Parallaxenbeträge π von 61 Cygni (W. F. = wahrscheinlicher Fehler von π) sind teils am Heliometer (Hel.) oder Meridiankreis (M. Kr.), teils durch Vermessung photographischer Platten (Phot.) erhalten. Die beigesezten Jahreszahl gibt das Jahr des Erscheinens der betreffen-

den Untersuchung an. Die Werte beziehen sich auf beide Komponenten des Doppelsterns.

π	W. F.	
+ 0'',559	± 0'',016	Hel. 1863
+ 0'',38	± 0'',016	Phot. 1897
+ 0'',21	± 0'',029	M. Kr. 1896
+ 0'',326	± 0'',035	Phot. 1902
+ 0'',284	± 0'',009	Hel. 1903
+ 0'',293	± 0'',007	Phot. 1905
+ 0'',38	± 0'',015	Phot. 1905
+ 0'',32	± 0'',029	M. Kr. 1906
+ 0'',291	± 0'',005	Hel. 1907
+ 0'',23	± 0'',020	M. Kr. 1908
+ 0'',384	± 0'',017	Phot. 1910

Damit seien die neuesten, auf photographischem Weg erhaltenen relativen Parallaxen nebst den wahrscheinlichen Fehlern (u. zw. für beide Komponenten getrennt) zusammengestellt²⁾.

	61 ¹ Cygni	61 ² Cygni
1.	+ 0'',267 ± 0'',004	+ 0'',277 ± 0'',006
2.	+ 0'',301 ± 0'',009	+ 0'',299 ± 0'',021
3.	+ 0'',325 ± 0'',011	+ 0'',320 ± 0'',008
4.	+ 0'',282 ± 0'',009	+ 0'',286 ± 0'',007
5.	+ 0'',306 ± 0'',005	+ 0'',308 ± 0'',006

Die benutzten Instrumente sind:

1. 40-zölliger Yerkes-Refraktor,
2. 24- „ Swarthmore-Refraktor,
3. 60- „ Mt.-Wilson-Reflektor,
4. 30- „ Allegheny-Refraktor,
5. 26- „ Mc Cormick-Refraktor.

Ihrer inneren Genauigkeit nach, dargestellt durch den wahrscheinlichen Fehler, sind die neuen photographischen Werte — und dieses Ergebnis trifft nicht nur für das gewählte Beispiel, sondern *allgemein* zu — den mittels des Heliometers erhaltenen gleichwertig, während die bisher am Meridiankreis gefundenen Parallaxen erheblich unsicherer sind. Doch weichen die einzelnen π der älteren Beobachtungsreihen weit mehr untereinander ab, als nach den wahrscheinlichen Fehlern zu erwarten wäre; ein Zeichen dafür, daß die einzelnen Beobachtungsreihen noch mit zum Teil erheblichen, unbekannten systematischen Fehlern behaftet sind.

Auch die neuen photographisch hergeleiteten Parallaxenwerte zeigen noch Abweichungen voneinander, die sich durch die wahrscheinlichen Fehler nicht erklären lassen, wenn auch die Übereinstimmung hier eine weit bessere ist. Systematische Fehler sind sicher hier ebenfalls noch vorhanden. Aber man kann doch annehmen — auch die ausführlichen Diskussionen in den verschiedenen eingangs erwähnten Veröffentlichungen ergeben dies —, daß die photographische Methode in ihrer letzten Durchbildung die geringsten systematischen Fehler aufweist. Sie ist hierin wohl selbst dem Heliometer überlegen. Dazu kommt noch, daß sie ihre Ergebnisse mit viel geringerem Aufwand an Zeit und Arbeit als dieses liefert.

Den mit dem Meridiankreis bisher erhaltenen Parallaxenwerten dagegen kommt nur eine untergeordnete Bedeutung zu.* Ein erheblicher Teil (weit mehr als bei den anderen Methoden) der gefundenen Parallaxen sind wegen der großen wahrscheinlichen Fehler lediglich als Zufallsergebnisse aufzufassen. Immerhin besteht nach Versuchen, die von L. Courvoisier und dem Unterzeichneten ausgeführt worden sind (Astronomische Nachrichten Bd. 204, Nr. 4876, und Bd. 212, Nr. 5077), be-

¹⁾ Nach J. C. Kapteyn in Publ. of the Astronom. Laboratory at Groningen Nr. 24.

²⁾ Nach S. A. Mitchell, Publ. of Leander Mc Cormick Observatory. Vol. III.

gründete Hoffnung, daß durch Verwendung des von ersterem vorgeschlagenen *Koinzidenzverfahrens* sich die innere Genauigkeit auch der durch den Meridiankreis zu gewinnenden Parallaxen noch beträchtlich wird steigern lassen. Dies ist durchaus wünschenswert. Denn trotz der hohen Vollkommenheit, die die Methode der Parallaxenbestimmung mit Hilfe von photographischen Aufnahmen erreicht hat, ist es doch notwendig, Sternparallaxen auch auf anderem Wege zu messen. Erst die Übereinstimmung von Werten, die durch verschiedene (gleichwertige) Methoden gewonnen wurden, gibt Gewähr dafür, daß die systematischen Fehler auf die Grenze der zufälligen Beobachtungsfehler gesunken sind.

Neben diesen drei besprochenen Methoden, die Sternparallaxen trigonometrisch, d. h. durch *Messung* der Richtungsunterschiede von verschiedenen Punkten der Erdbahn aus zu ermitteln, sind in letzter Zeit andere getreten, die, von gänzlich anderen Gesichtspunkten ausgehend, die Entfernung näherungsweise festzulegen versuchen. Bei dem Problem, einen Einblick in die räumliche Verteilung der Sterne zu gewinnen, handelt es sich ja um die Herleitung einer ungeheuer großen Anzahl von Parallaxen. Wenn auch Versuche unternommen worden sind, sowohl die photographische Methode (in einer von *Kapteyn* angegebenen Modifikation) als auch den Meridiankreis (Zonenbeobachtungen von *E. Großmann* am Münchener Meridiankreis) für Massenbeobachtungen heranzuziehen, so liegt doch bei der Weitläufigkeit der beiden Verfahren eine gar nicht zu bewältigende Arbeit vor, und jeder Verzicht auf äußerste Genauigkeit macht leicht die Resultate überhaupt illusorisch. Auch die von *Kapteyn* durchgeführte Bestimmung säkularer Parallaxen (vergl. Die Naturwissenschaften, 9. Jahrg. Heft 5, S. 87, 1921) bedeutet keineswegs eine Lösung unserer Aufgabe. Wir erhalten dadurch wohl Parallaxenwerte, die für eine große Anzahl von Sternen im Mittel zutreffen, die aber über die Entfernung des einzelnen Sternes nur wenig aussagen.

Wäre dagegen die *absolute Helligkeit* (Leuchtkraft) jedes Sternes bekannt, so könnte man durch Ermittlung seiner *scheinbaren Helligkeit* an der Sphäre sofort die räumliche Entfernung herleiten. Nun zeigen nach Untersuchungen von *A. Kohlschütter* und *W. S. Adams* die Sterne verschiedener Spektralklassen gewisse Eigentümlichkeiten in der Helligkeit einzelner Spektrallinien, die einen unmittelbaren Schluß auf die absolute Helligkeit des betreffenden (einzelnen) Sternes zulassen. *W. S. Adams* und *A. H. Joy* haben neuerdings (Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory Nr. 142. Astrophysical Journal Vol. 46, S. 313) durch Vergleich der spektroskopisch bestimmten absoluten Helligkeiten mit den photometrisch hergeleiteten scheinbaren die Parallaxen („spektroskopische Parallaxen“) von 500 Sternen ermittelt. Nach neueren Angaben liegen sogar bereits die spektroskopischen Parallaxenwerte von 1800 Sternen vor. Der Vergleich mit den trigonometrischen Parallaxen (die übrigens als Grundlage der Ermittlung des Zusammenhangs zwischen spektralen Eigentümlichkeiten und absoluter Helligkeit dienen) ist recht befriedigend. So ist z. B. die spektroskopische Parallaxe von 61¹ Cygni + 0",288, von 61² Cygni + 0",302. Im Mittel sind die spektroskopischen Parallaxen um + 0",0037 größer als die trigonometrischen. Wir

haben durch diese Methode, die gegenwärtig noch im Stadium der Entwicklung steht, jedenfalls die Möglichkeit, rasch brauchbare Parallaxen für eine große Zahl von einzelnen Sternen angeben zu können.

Auch ein Zusammenhang zwischen der absoluten Helligkeit eines Sternes und der Helligkeit in verschiedenen Teilen des *kontinuierlichen Spektrums* bei sonst gleichem Spektraltypus besteht möglicherweise und könnte zur Bestimmung der absoluten Helligkeiten und damit der Parallaxen führen. Doch bedürfen hier die beobachteten Erscheinungen noch weiterer Klärung (vgl. *P. Guthnick*, Physik der Fixsterne in „Kultur der Gegenwart“ III, III, 3. Astronomie, S. 397 ff.). Es wäre sicher von Wert, diese Untersuchungen auf Spektralbereiche jenseits der bisher benutzten Gebiete nach rot und violett hin auszudehnen. Ob schließlich einmal der Einsteineffekt (Rotverschiebung der Spektrallinien) zu einer Möglichkeit führt, Sternparallaxen zu bestimmen³⁾, ist gegenwärtig noch eine völlig offene Frage.

Eine letzte Methode, auf anderem als trigonometrischem Weg für eine gewisse Gruppe von Sternen genäherte Parallaxen herzuleiten, muß noch Erwähnung finden, weil eine vor kurzem erschienene Arbeit wichtige Ergebnisse gebracht hat (*J. Jackson* und *H. H. Furner*, The Hypothetical Parallaxes of 556 Visual Double Stars, with a determination of the Velocity and Direction of the Solar Motion. Monthly Notices of the R. Astronomical Society, Vol. 81, Nr. 1).

Für *Doppelsterne* besteht eine einfache Beziehung zwischen einzelnen Bahnelementen, der Gesamtmasse und der Parallaxe, so daß bei bekannter Bahn und Masse die Parallaxe unmittelbar herzuleiten ist⁴⁾. Nun sind nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen die Massen der *visuellen Doppelsterne* sämtlich wenig voneinander verschieden und für jede Komponente der Sonnenmasse ähnlich. Nimmt man deshalb — wie dies *Jackson* und *Furner* getan haben — die Gesamtmasse jedes Doppelsternpaares im Durchschnitt gleich der doppelten Sonnenmasse an, so erhält man aus der erwähnten Beziehung Näherungswerte der Parallaxen der visuellen Doppelsterne. Für 61 Cygni ist auf diese Weise die Parallaxe + 0",276 gefunden. Die Verfasser der genannten Arbeit haben diese Methode auch für den Fall erweitert, daß keine gerechneten Bahnbestimmungen der Doppelsterne vorliegen, wohl aber die relative Bewegung der beiden Komponenten bekannt ist. Die in beiden Fällen hergeleiteten hypothetischen Parallaxen der Doppelsterne stimmen recht gut mit den auf andere Weise gefundenen Werten überein. Sie sind im Mittel um 0",003 kleiner als die trigonometrischen und um 0",012 kleiner als die spektroskopischen Parallaxen. Die Ergebnisse zeigen, daß die über die Massen der visuellen Doppelsterne getroffenen Annahmen nicht allzu weit von der Wirklichkeit abweichen.

A. Kopff.

³⁾ Vgl. Die Naturwissenschaften, 7. Jahrg., 1919, S. 635.

⁴⁾ Die Parallaxen von *einzelnen Doppelsternen* mit bekannten Bahnen lassen sich auch noch dann bestimmen, wenn es gelingt, die durch die Bahnbewegung hervorgerufenen Radialgeschwindigkeiten spektroskopisch zu ermitteln. Man kennt dann absolute Werte der letzteren und kann sie zu den entsprechenden Werten der scheinbaren Bahn an der Sphäre in Verbindung setzen. Doch beschränkt sich diese Methode auf wenige Fälle mit kurzer Umlaufzeit.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 16. (Seite 257–272)

22. April 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Bedeutung innerer Sekrete für die Formbildung beim Menschen. Von *Leon Asher, Bern.* S. 257.

Die Geologie der Torfmoore. Von *Hans Höfer-Heimhalt, Wien.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 260.

Der Ursprung der Urnieren. Von *Thilo Krumbach, Rovigno.* (Mit 1 Abbildung.) S. 265.

Besprechungen:

Bein, Willy, Das chemische Element, seine Wandlung und sein Bau als Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung. Von *Fritz Paneth, Hamburg.* S. 267.

Groth, Paul, Elemente der chemischen und physikalischen Krystallographie. Von *P. Niggli, Zürich.* S. 268.

Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik. Von *R. v. Mises, Berlin.* S. 268.

Ludwig Boltzmanns Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik. Von *Th. von Kármán, Aachen.* S. 269.

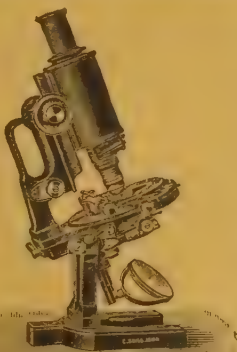
Strömgren, Elis, Astronomiska Miniaturer. Von *P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.* S. 269.

Diels, Hermann, Antike Technik. Von *R. Prager, Berlin-Neubabelsberg.* S. 270.

Jacob, Heinrich Eduard, Die Physiker von Syrakus. Von *E. J. Gumbel, Berlin.* S. 270.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 271–272.
Messungen der Wellenhöhe auf dem Meere. (Mit 1 Abbildung.) Erzeugung von Schallwellen unter Wasser. Die Bewegungen der Sinnpflanze.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften
kostenfrei

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Ferienkurse in Jena vom 3. bis 16. August 1921. Naturwissenschaftliche Kurse

1. Naturphilosophie und Weltanschauung: Prof. Dr. Detmer. 2. Die Biologie im botanischen Schulunterricht: Prof. Dr. Detmer. 3. Anleitung zu botanisch-mikroskopischen Untersuchungen: Dr. Seifert. 4. Tierkunde und Entwicklungslehre: Prof. Dr. Franz. 5. Zoologie: Prof. Dr. Plate. 6. Ausgewählte Kapitel der Chemie: Prof. Dr. Kaufmann. 7. Übungen im Bestimmen von Mineralien und Gesteinen: Dr. Spangenberg. 8. Populäre Astronomie: Prof. Dr. Knopf. 9. Zeit- und Ortsbestimmung: Prof. Dr. Knopf. 10. Das Wasser und seine Beziehungen zum Menschen: Prof. Dr. Halbsaß. 11. Bau und Tätigkeit des Gehirns: Prof. Dr. Noll. 12. Unsere Sinnenfunktionen: Prof. Dr. Noll. 13. Physiologische Psychologie: Prof. Dr. Berger.

Außerdem finden noch statt: Kurse für Leiter und Lehrer von Volkshochschulen, Philosophische Kurse, Pädagogische Kurse, Kurse über das abnorme Kind, Kurse über Volkswirtschaft, Staat und Recht, Kurse über Bodenreform und Siedlungsfragen, Kurse über Literatur, Geisteswissenschaft und Kunst, Unterrichtskurse in der deutschen Sprache.

Anmeldungen (möglichst bis 1. Juli) nimmt entgegen,
Programme versendet und nähere Auskunft erteilt das

Sekretariat der Ferienkurse,
Frl. Cl. Blomeyer, Jena, Carl-Zeiss-Platz 3.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

22. April 1921.

Heft 16.

Die Bedeutung innerer Sekrete für die Formbildung beim Menschen.

Von Leon Asher, Bern.

Später als in anderen Teilen der Biologie ist in der Lehre von der Bildung der tierischen Formen der Übergang von einer geschichtlichen Betrachtungsweise zu der ganz anders gearteten vollzogen worden, die auf dem Boden der experimentellen Erfahrung erwachsen ist. *His* und *Roux* sind wohl diejenigen beiden Männer, welche am frühesten und konsequentesten die historische Ableitung der Entstehung von Formen als unbefriedigend erkannten und die Erforschung der mechanischen Bedingungen in den Vordergrund rückten. Die Leser der „Naturwissenschaften“ haben vor nicht langer Zeit Gelegenheit gehabt, in diesen Blättern glänzende Darlegungen des reichen Entwicklungsganges der kausalen mechanischen Erklärung zu lesen. Es wiederholt sich aber in der weiteren Entwicklung der Lehre von der tierischen Formbildung dasselbe, was wir auf anderen Gebieten der Biologie erlebt haben, nämlich das Fortschreiten von mehr biophysikalischen zu mehr, biochemischen Betrachtungsweisen.

Es scheint ohne weiteres einleuchtend, daß das Problem der Bildung der Form als ein architektonisches ähnlichen Regeln unterworfen sein müsse wie diejenigen sind, die etwa in der Architektur gelten. Denn wenn auch das Material kein starres ist, wie dasjenige, aus denen wir unsere Gebäude errichten, so hat doch das tierische Gebilde einen Bauplan, hat bestimmte Abgrenzungen, hat Dauerhaftigkeit, Zugfestigkeit und manches andere, was überwiegend als etwas Mechanisches imponiert. Und doch ist es Bedingungen unterworfen, die weit abliegen vom Mechanischen im landläufigen Sinne des Wortes, Bedingungen, die wir nicht anders bezeichnen können als chemische. Diese merkwürdige Wandlung in der Auffassungsweise wurde hervorgerufen durch die Fortschritte in der Lehre von der inneren Sekretion.

Die Lehre von der inneren Sekretion hat ihre stärksten Anregungen von seiten der Pathologie empfangen, indem mehr und mehr die Beobachtungen sich häuften, daß gewisse wohl charakterisierte Krankheitstypen im engsten Zusammenhang mit Störungen gewisser Organe und früher unbekannter Funktionen ständen, die man als Drüsen mit innerer Sekretion bezeichnet. Nicht das am wenigsten Auffallende bei allen diesen

Krankheiten sind die Abweichungen in der Gestaltung des Körpers, wie wir sie als normal ansehen. Da die menschliche Pathologie zurzeit die fortgeschrittenste ist, hat das auch zur Folge gehabt, daß wir am meisten über Beziehungen zwischen innerer Sekretion und menschlicher Formbildung orientiert sind.

Die wesentlichsten Tatsachen sind die nachfolgenden: Degeneration oder Fehlen der Schilddrüse bewirkt eine tiefgreifende Veränderung in der menschlichen Form. Die Form des Kretins ist allgemein bekannt, und das ist die menschliche Form, die durch die eben genannten Zustände der Schilddrüse verursacht wird. Diese Behauptung wird nicht bloß dadurch bewiesen, daß bei den Kretinen die Degeneration der Schilddrüse durch pathologisch-anatomische Untersuchungen bestätigt wird — absolut ist der Beweis nicht, weil diese Degeneration nicht Ursache, vielmehr zwangsläufige Begleiterscheinung sein könnte —, sondern auch dadurch, daß Zufuhr von Schilddrüsenstoffen ganz erhebliche Änderungen der kretinischen Form nach sich zieht. Der Körper wird länger, die Knochen bilden sich besser aus, das Gesicht gewinnt einen intelligenteren Eindruck infolge von anderer Ausbildung der Nase, namentlich der Nasenwurzel, der Augen- und Mundspalte und anderer konfigurativer Momente des Gesichtes. Da die Eingabe eines Stoffes alles dies bewirkt, ist damit auch gezeigt, daß primär eine chemische Bedingung obwaltet. Kretinistische Form ist nicht die einzige Formentartung, welche durch Degeneration der Schilddrüse veranlaßt wird. Das Krankheitsbild des Myxödem ist die andere Abartung, die sowohl beim jugendlichen wie auch beim ausgewachsenen Menschen nach Verlust der Schilddrüse eintreten kann. Gerade bei letzterer Art bewegen wir uns auf dem Boden gesicherter experimenteller Erfahrungen; denn die operative vollständige Entfernung der Schilddrüse ruft, wie *Theodor Kocher* erkannte, die Kachexia strumipriva hervor mit ihren eigentümlichen Veränderungen der Haut. Die Haut des Gesichtes und zum Teil der Extremitäten zeigt ödematöse Schwellung, sie ist gedunsen, dabei trocken, schilfert ab und die Haare fallen aus. Das Gesicht erhält einen starren Ausdruck, der Körper wird plump. Es kann hier kein Zweifel darüber sein, daß das auslösende Moment für die Umbildung der menschlichen Form die Wegnahme der Schilddrüse ist.

Fast noch auffallender ist der Einfluß der Hypophyse auf die menschliche Form. Zwei

höchst eigenartige Gestaltungsanomalien des Menschen, die Akromegalie und der Gigantismus, sind mit Sicherheit auf Erkrankungen der Hypophyse zurückgeführt worden. Unter Akromegalie verstehen wir ein Krankheitsbild, welches äußerlich durch die Unförmlichkeit des Schädels, die Vergrößerung des gesamten Kopfskelettes und Verunstaltungen an den Extremitäten gekennzeichnet ist. Der Gigantismus oder der Riesenwuchs äußert sich darin, daß die Menschen eine abnorm große Körperlänge erreichen, wesentlich bedingt durch eine Steigerung der Knochenlänge in den unteren Teilen des Körpers. Daneben finden sich auch Vergrößerungen des Gesichtskelettes, Vorspringen der Jochbögen, stärkeres Vorspringen der Augenbrauegegend, während die Wirbelsäule öfters Verbiegungen aufweist. Seitdem *Pierre Marie* zuerst den Zusammenhang zwischen der Akromegalie und Erkrankungen der Hypophyse erkannt hat, liegen zahlreiche Erfahrungen, wohl die ausgedehntesten von *Harvey Cushing*, vor, welche den engen Zusammenhang der geschilderten Formanomalien mit der Hypophyse beweisen. Es handelt sich um Geschwulstbildungen der Hypophyse, die aber nicht, wenigstens anfänglich nicht, zu einer Aufhebung, vielmehr zu einer Steigerung der Leistungen der Hypophyse zu führen scheinen.

Seitdem der Blick des Arztes für diese Krankheitsbilder geschärft worden ist, heben sich für ihn bei der Beobachtung seiner Umgebung, etwa bei größeren Menschenansammlungen, ganz von selbst Typen heraus, bei denen man unwillkürlich dazu gedrängt wird, eine stärkere Betätigung der Hypophyse anzunehmen als bei anderen Menschen. Akromegalie und Gigantismus stellen offenbar die Endglieder einer Kette dar, die übertrieben das darstellen, was in tausenderlei Übergängen im gewöhnlichen Verlauf der Dinge vorkommt. Die Akromegalie oder der Gigantismus werden mit einer Art Steigerung der Hypophysenfunktion in Zusammenhang gebracht, andererseits gibt es zwei Typen von Formveränderungen, die in Beziehung zur Unterwertigkeit der Hypophyse stehen. Das ist einmal der sogenannte hypophysäre Zwergwuchs und andererseits die hypophysäre Fettsucht oder *Dystrophia adiposogenitalis*. Was das letztere Krankheitsbild anbelangt, so ist das Typische daran das Bestehen eines infantilen Charakters der äußeren Formen bei sehr starker Entwicklung des Fettpolsters und eine starke Hypoplasie der Genitalien nebst einem Unterbleiben der stärkeren Entwicklung der sekundären Geschlechtscharaktere. Die Behauptung, daß dieses Krankheitsbild auf einer Unterwertigkeit der Hypophyse beruhe, stützt sich einmal darauf, daß Operationen von Geschwülsten in der Umgebung der Hypophyse zur Besserung des Krankheitsbildes führten, woraus der Schluß gezogen wurde, daß ein schädigender Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der Hypophyse gehoben worden sei. Die Sachlage ist aber auch heute noch so

verwickelt, daß weitere Aufklärung dringend notwendig ist. Beweisender sind Erfahrungen bei solchen Fällen der genannten Erkrankung, die zwar gleichfalls charakteristisches Aussehen zeigen, aber doch nicht die schwersten Formen von Abartungen darstellen. Denn bei diesen bewirkt Zufuhr von Hypophysenpräparaten eine auffallende Besserung und die Form der Patienten nähert sich wieder der normalen. Es sei hervorgehoben, daß zwischen dem Zurückbleiben der Formentwicklung bei Erkrankung der Hypophyse und demjenigen bei Erkrankungen der Schilddrüse bemerkenswerte Unterschiede bestehen, sowohl im äußeren Habitus wie auch bei der histologischen Untersuchung der befallenen Gewebe. Wir wollen auf diese Unterschiede nicht eingehen, sondern nur darauf hinweisen, daß der Unterschied der beiden Typen äußerlich am schärfsten durch die Verschiedenheit im geistigen Verhalten sich bemerkbar macht. Menschen mit Wachstumsstörungen infolge Ausfalls eines Teiles der Hypophysenfunktion können intellektuell sehr gut entwickelt sein, während die Unterwertigkeit der Schilddrüse unbedingt mit geistigem Zurückgebliebensein einhergeht. Als wir oben von der Schilddrüse sprachen, hatten wir nur den Einfluß des Schilddrüsenmangels auf die menschliche Form erörtert. Die Pathologie lehrt jedoch, daß auch hier die Überfunktion einen maßgebenden Einfluß auf die Formbildung ausübt, dies unter der Voraussetzung, daß wir mit *Möbius* und *Kocher* die Basedowsche Krankheit als einen Ausdruck einer Überfunktion der Schilddrüse ansehen. Bei der ausgesprochenen Basedowschen Erkrankung haben wir folgende Erscheinungen äußerlich erkennbarer Formeigenschaften: schlanken Skelettbau, weite Lidspalten, Hervortreten des Auges mit eigenartigem Glanz der Augen, lange, schlanke Finger und bei jugendlichen Personen oft gesteigertes Längenwachstum und jugendlich üppige Körperentwicklung. Das, was an der menschlichen Form innerhalb des ästhetisch Bleibenden charakteristisch an dem Aussehen eines Basedowtypus ist, hat schon das Meisterauge von *Lionardo da Vinci* gesehen und bildnerisch festgelegt.

Bei der Nebenniere kennen wir nur Beziehungen zwischen menschlicher Form und Abweichungen von der Norm im Sinne einer Hyperfunktion der Nebenniere. *Bullock* und *Sequeira* wiesen im Jahre 1905 zuerst darauf hin, daß eine frühzeitige Entwicklung von Kindern zur sexuellen Reife mit allen Zeichen der Entwicklung der sekundären Geschlechtscharaktere mit Geschwulstbildungen der Nebenniere vergesellschaftet ist, die von ihnen und seitdem von einer Reihe von anderen Forschern als Veranlassung zu einer Hyperfunktion der Nebenniere gedeutet werden.

Bei allen bisher besprochenen Drüsen mit innerer Sekretion mußten wir stets gleichzeitig der Sexualdrüsen gedenken, deren Änderungen in

das Symptomenbild in irgendeiner Weise mit einbezogen wurden. Es läßt sich sogar oft nicht auseinanderhalten, inwieweit die Formveränderung nicht überhaupt Folge des Einflusses oder des Nichteinflusses der Sexualorgane ist. Wenn wir uns mit der kurzen Behauptung begnügen, daß die eigentlichen Sexualdrüsen, Hoden und Ovarien, durch ihre inneren Sekrete den allergrößten Einfluß auf die menschliche Form besitzen, so ist dieses summarische Verfahren keine Zurücksetzung dieses außerordentlich wichtigen Gebietes der inneren Sekretion. Die Leser dieser Zeitschrift haben in den letzten Jahren reichlich Gelegenheit gehabt, die Beweise für den gestaltenden Einfluß der inneren Sekrete der Sexualorgane kennen zu lernen und haben auch in dieser Zeitschrift die interessanten strittigen Probleme erfahren, welche zurzeit sehr intensiv diskutiert werden.

Angesichts der Erfahrungen aus der menschlichen Pathologie ist es nicht wunderbar, daß man dieselben für die Lehre der normalen biologischen Vorgänge hat nutzbringend verwenden wollen. Wohl der weitgehendste Versuch nach dieser Richtung liegt in den interessanten Auffassungen des Anatomen *Arthur Keith* vor, der in einem Vortrag über die Differenzierung der Menschheit nach Rassentypen (The British Association Bournemouth, Section H, Anthropology, Opening Address, Nature, Nov. 13, 1919) den kühnen Versuch unternommen hat, die Entwicklung der Rassen mit der Funktion der Drüsen mit innerer Sekretion in Verbindung zu setzen. Er weist darauf hin, daß die Hauptmerkmale, nach denen wir zurzeit die Einteilung der Rassen vornehmen, am Skelett und hierbei wieder wesentlich im Kopfskelett, an der Konfiguration der Lider, der Nase und der Lippen, an der Haut und an der Behaarung sich vorfinden. Dieses sind nun alles Merkmale, welche unter dem Einflusse der Drüsen mit innerer Sekretion stehen, deshalb ist *Keith* der Meinung, daß wir in der größeren oder kleineren Leistungsfähigkeit der Hypophyse, der Schilddrüse, der Nebenniere und der Sexualorgane einen Schlüssel haben für die Entstehungsart der europäischen, mongolischen und der Negerrasse. Der Gedankengang ist ein sehr anregender, hat aber gewisse Bedenken. Gewisse Parallelen sind wohl etwas gewagt, wie z. B. diejenige zwischen der Dunkelheit der Negerhaut und der braunen Pigmentierung bei der Addison'schen Krankheit infolge Zerstörung der Nebenniere. Aber das ist nur eine Einzelheit, die weniger ins Gewicht fällt als zwei prinzipielle Punkte. Erstens wenn man den Unterschied der Rassen auf eine Verschiedenheit einer funktionellen Ausbildung der Drüsen mit innerer Sekretion zurückführen will, so muß man dasjenige Moment aufsuchen, welches eben diese Verschiedenheit hervorruft. Denn diese Verschiedenheit, wenn sie auch an der Wurzel liegt, ist selbst dann ein primäres Rassemerkmal. Zweitens erhebt sich die

Frage, inwieweit man berechtigt ist, Erfahrungen der Pathologie, Krankheitsbilder für die Genese des physiologischen Geschehens in so weitgehender Weise zu verwerten. Es ist bekannt, daß bei den viel elementarerem morphologischen Fragen, die ehemals ausschließlich die Formlehre beherrschten, schwere Täuschungen durch Ausdeutung offenbar pathologischer Befunde unterliefen. Will man daher nach dieser Richtung den Boden sichern, so muß der Versuch gemacht werden, innerhalb des rein Physiologischen den Einfluß der inneren Sekrete auf die Formbildung zu erforschen.

Experimente am Tiere sind hier der zu beschreitende Weg. Derartige Experimente haben nun tatsächlich ergeben, daß Entfernungen der Schilddrüse, der Hypophyse und der Sexualdrüsen am Tiere tiefgreifende Veränderungen in der Formbildung hervorrufen, so daß prinzipiell eine Deckung zwischen pathologischer und experimentell physiologischer Erfahrung besteht. Allerdings nur eine prinzipielle, denn in Einzelheiten sind die Beobachtungstatsachen nicht übereinstimmend. Beispielsweise läßt sich im Tierversuch das Myxödem des Menschen in seiner äußeren Erscheinungsweise nicht erzeugen. Tiefergehende Untersuchungen, wie sie u. a. *Eppinger* in seiner bemerkenswerten Studie über das Ödem (Berlin, J. Springer, 1917) angestellt hat, lehren allerdings, daß der Mechanismus, der beim Menschen zur Myxödembildung führt, auch beim Tier vorhanden ist, nur bleibt er auf die Stoffaustauschvorgänge zwischen Blut und Gewebe in einer solchen Weise beschränkt, daß das charakteristische Myxödem äußerlich nicht in Erscheinung tritt. Die tierexperimentelle Erfahrung ist in gewissem Sinne für das Problem der Formbildung am Menschen etwas inhaltsärmer als die Erfahrungen der Pathologie, namentlich auch deshalb, weil die hypersekretorischen Formbilder sich nicht reproduzieren lassen. Dafür ist in anderer Beziehung das Tierexperiment aufschlußreicher, beispielsweise hinsichtlich der Thymusdrüse. Denn die schönen Untersuchungen von *Basch* und *Matti* haben ergeben, daß infolge der Entfernung der Thymus beim jugendlichen Tier die Prozesse der Knochenbildung eine große Störung erleiden, die sich äußerlich in dem plumphen rachitischen Aussehen der Tiere offenbart. Nun erhebt sich die Frage, inwiefern aus den Folgeerscheinungen der Wegnahme von gewissen Organen ein Rückschluß darauf gemacht werden darf, daß innere Sekrete, chemische Stoffe auf die Formbildung von Einfluß sind. Diese Frage ist auf dem breiteren Boden der Lehre von der inneren Sekretion bejahend entschieden worden. Hier interessiert uns nur das engere soeben dargelegte Problem.

Tatsächlich existieren schon eine ganze Reihe, allerdings noch zerstreuter Beobachtungen, die den Einfluß chemischer Stoffe auf die Formbildung dartun. Mit Absicht benutzen wir das Wort

chemische Stoffe und nicht innere Sekrete, um darauf hinzuweisen, daß das Problem ein viel weiteres ist, als daß es sich einengen ließe auf dasjenige, was man im strengeren Sinne des Wortes als innere Sekretion bezeichnet. Durch *Jacques Loeb's* denkwürdige Untersuchungen über experimentelle Parthenogenese wissen wir, daß der erste Anstoß zur Formenbildung durch verhältnismäßig einfache chemische Eingriffe erfolgen kann. Die zahlreichen neueren Erfahrungen über qualitativ unzureichende Ernährung haben uns darüber belehrt, wie sehr das Wachstum von minimalen Mengen bisher nicht bekannter chemischer Stoffe abhängt, Stoffe, für welche die Namen akzessorische Nährstoffe, Vitamine und Nutramine, gebraucht werden. Bleiben wir aber bei dem engeren Gebiete der inneren Sekretion, so besitzen wir namentlich hinsichtlich des inneren Sekretes der Schilddrüse bemerkenswerte Aufschlüsse über ihren Einfluß auf die formbildenden Prozesse.

Vielleicht der bemerkenswerteste Beitrag in dieser Richtung ist die Feststellung, daß Lebewesen, die sich selbst überlassen dauernd in einer niederen Entwicklungsstufe verharren, durch bloße Zugabe von Schilddrüsenpräparaten zu ihrer Nahrung zu einer höheren Entwicklungsstufe sich weiterbilden. Beispielsweise gilt das vom Axolotl, der bei uns im Bassin gehalten dauernd Kiemen trägt und ein Wassertier ist. Setzt man aber dem Wasser Schilddrüsenpräparate zu, so tritt in außerordentlich kurzer Zeit eine Umwandlung des Tieres ein, die Kiemen bilden sich zurück, der Körper und der Schwanz nehmen eine andere Form an und das bisherige Wassertier wird zum Landtier. So überzeugend dies Experiment für den großen Einfluß eines chemischen Stoffes auf die Formbildung spricht und zeigt, daß die bloße histologische und morphologische mechanische Deutung hier völlig versagt, so muß man sich doch hüten, zu weit gehende Folgerungen aus diesem Beispiele zu ziehen. Es gelingt die Formumbildung, weil nachweislich, nicht bloß spekulativ, die Anlage für die betreffende Form bei dem Lebewesen vorhanden ist. Es liegt nicht eine völlige Neugestaltung vor, sondern es wird, nachdem vorher eine Möglichkeit zur Auswirkung gelangt ist, einer anderen Möglichkeit durch abgeänderte Bedingungen der Vorrang eingeräumt. Das eigentliche Problem liegt in der Anlage verschiedener Möglichkeiten. Werten wir die Erkenntnisse dieses besonders gut erforschten Beispiels auf die Frage der Beziehung zwischen innerer Sekretion und Formbildung aus, so gelangen wir zu dem vorläufig bescheidenen Ergebnis, daß zwar die inneren Sekrete die Formbildung von Tier und Mensch maßgebend beeinflussen, aber nur innerhalb der Grenzen der Anlage. Bildlich gesprochen ist ihre Bedeutung eine katalytische.

Die Geologie der Torfmoore¹⁾.

Von H. Höfer-Heimbalt, Wien.

Die Torfmoore haben in den letzten Jahren des Kohlenmangels als Brennstoffquellen erhöhte wirtschaftliche Bedeutung errungen: sie verdienen überdies auch darum eine eingehende Untersuchung, da sie als Ausgangsstadium der Kohlenflöze angesehen werden.

Eigenschaften: Torf ist ein durch teilweise Verwesung von verfilzten, verschiedenen, zellulosereichen Pflanzenresten erzeugtes, grau, lichtbraun bis schwarz gefärbtes Kohlenhydrat: es wurde hierbei insofern ein Reduktionsvorgang eingeleitet, als sich ein Teil des Sauerstoffes der Zellulose mit Kohlenstoff zu Kohlendioxyd verband (Vertorfung), der sich später bei der Umwandlung in Braunkohle unter Wärmeentwicklung fortsetzt. Der durch Vertorfung entstandene Humus hat kolloide Eigenschaft (Quellungskolloid), weshalb er bei seiner Trocknung bedeutend schwindet und dichter wird. Wegen dieser Eigenschaft kann das Wasser nur zum Teil abgepreßt werden.

Die chemische Zusammensetzung des Torfes ist infolge mehrfacher Ursachen sehr verschieden, und sie liegt naturgemäß zwischen jener des Holzes bzw. der Zellulose und jener der Braunkohle. Als mittlere Werte werden, auf wasser- und aschenfreien Torf bezogen, C 59, H 5—6, O 33 und N 2 % angegeben; doch unterliegen diese Zahlen je nach dem Ausgangsmaterial und dem Grad der Vertorfung großen Schwankungen. Der Gehalt an Wasser ist im lufttrockenen Torf 15—35 %, an Asche 0,5—50 %: übersteigt letzterer Gehalt 25 %, so wird Torf als Brennmaterial nicht verwendet. Der Wassergehalt ist im lufttrockenen Torf durchschnittlich 25 %, kann aber im Moore so groß sein, daß ein mehr oder weniger flüssiger *Torfbrei* entsteht. Der Stickstoffgehalt rührt teils von Pflanzeneiweiß, zum Teile auch von eingeschlossenen Tierresten, Fröschen, Krustaceen, Insekten, Käfern, Kot und dergl. her. *Schwefel* ist in wechselnder geringer Menge vorhanden. Der Heizwert des guten lufttrockenen Torfs ist bis 4200 W. E. Einige Torfanalysen werden später mitgeteilt werden.

Vorkommen: Die *Torfmoore* sind die Lagerstätten des Torfes; es sind zumeist junge rezente oder alluviale Bildungen im ruhigen oder langsam fließenden Wasser, seltener verweisen die eingeschlossenen organischen Reste und die Lagerungsverhältnisse in die Diluvialzeit, wie z. B. die sogenannte „*Schiefer- oder Torfkohle*“ (komprimierter Torf), an einigen Orten der Schweiz, in der Ramsau (Steiermark), zu Hopfgarten (Tirol) und anderen Orten. Da Wasserbecken einen undurchlässigen Boden voraussetzen, so ist es auch

¹⁾ W. Bersch faßt in seinem „Handbuch der Moorkultur“ (Verlag W. Frick, Wien-Leipzig, 2. Auflage, 1912) die Literatur bis 1912 zusammen.

erklärlich, weshalb die Moore oft in alten Glazialgebieten auftreten, so in den Alpentälern, im südlichen Bayern, von Holland über Norddeutschland bis ins Baltenland. Die Torfmoore, deren Bildung auch an gewisse klimatische Bedingungen geknüpft ist, z. B. an ozeanisches Klima, bergen manchmal urgeschichtlich sehr wichtige Funde aus der Bronze- und Steinzeit, ganze Pfahlbaugrundrisse vertorfte, so an Schweizer Seen und zu Schussenried in Württemberg, in Norwegen sogar größere Schiffe aus der Wikingerzeit.

Die Torflager können sowohl limnisch als auch paralisch sein. Sie entstehen im ruhenden Wasser, in Sümpfen und flachen Seen, an den Ufern trüg fließender Flüsse, doch nicht im Meere, vorwiegend durch das gewöhnlich üppige Wachstum von Sumpfpflanzen, welche entweder bodenständig im Sumpf stetig einwärts fortschreitend sich entwickeln oder welche eine verfilzte, manchmal auch sapropelitische Decke an der Wasseroberfläche bilden, die infolge ihres Gewichtes allmählich tiefer, auch bis zum Boden sinkt, während die Pflanzen vermöge ihres Spitzenwachstums weiter gedeihen; bei der weiteren Entwicklung des Moores oberhalb des Wasserspiegels stellen sich auch Sträucher und Bäume ein. Die in das Wasser eingesunkenen Pflanzen aller Art können nun, vom Luftzutritt abgeschlossen, nicht vermodern, sie bräunen sich, werden in den tieferen Lagen schwärzlich und breiig, so daß ihre organische Struktur mehr oder weniger verwischt wird; dies ist der *Vertorfungsprozeß*, welcher den Kohlungsprozeß einleitet.

Nach den im Torf vorwaltenden Pflanzen spricht man von Moostorf¹⁾ (mit Sphagnum), Wollgrastorf¹⁾ (Eriophorum), Heidetorf¹⁾ (Callum vaccinum und Erica), Grastorf²⁾ (mit Riedgräsern), auch Cara- oder Seggentorf (2), Laubmoostorf²⁾ (mit Hypnum), Röhricht- oder Schilftorf²⁾, Scheuchzerietorf³⁾, Bruchwaldtorf (3) und dergl. mehr. Meist treten mehrere Pflanzenarten gleichzeitig auf, und der Name des Torfes wird durch Zusammensetzung gebildet, z. B. Wollgras-Moostorf; manchmal bezeichnet man ihn bloß als *Mischtorf*. Fast immer folgen verschiedene Torfsorten übereinander. Der *Lebertorf* ist im feuchten Zustand eine gleichmäßige gallertartige, im getrockneten eine harte kompakte, manchmal auch blätterige, kolloidale Masse von graubrauner Farbe. Unter dem Mikroskop zeigt er eine körnige feine Hauptmasse mit zahlreichen mehr oder weniger sicher bestimmaren Resten von Pflanzen (Pollenkörner von Pinus silvestris und Corylus, krautartige Pflanzen, Algen), lagenweise Insekten, Schalen von Valvata piscinalis und zuweilen Diatomeen. Er scheint eine Faulschlamm-Bildung zu sein (A. Jentsch). Die Cannelkohle dürfte ähnlich entstanden sein. Je nach dem Grade der Vertorfung spricht man von *Rasen*, *Moos*,

Speck- und *Pechtorf*, die oft in dieser Reihenfolge untereinander lagern.

Man unterscheidet *dreierlei Torfmoore*, und zwar Flach-, Übergangs- und Hochmoore. Die in Niederungen vorkommenden *Flach- oder Niedermoore* haben eine ebene oder gegen die Mitte wenig vertiefte, muldenförmige Oberfläche, jene der Sümpfe und Seen nicht oder nur wenig überschreitend. Ihr Pflanzenwuchs, der sich von den Ufern gegen die Mitte hin entwickelt, besteht aus Schilfrohr (Phragmites), Binsen (Lunectus), Riedgräsern und anderen Sumpfpflanzen, zwischen welchen Moose, besonders Hypnum und Mnium, die zusammenhängende Decke bilden: schließlich stellt sich die Erle ein. Diese Moore verlangen ein Wasser, das an Nährstoffen, besonders an Kalk, reich ist, was teilweise den hohen Aschengehalt dieses Torfes bedingt, der jedoch lokal auch von eingeschwemmtem Schlamm und Sand herrühren kann, wodurch der Torf in *Moorerde* übergeht. Schwefelkies und phosphathaltige Raseneisenerze finden sich in Knollen und zernagten Formen, und der Ortstein, d. i. ein durch Eisenhydroxyd verbundener Sand, als sekundäre Bildungen.

Die *Hochmoore* haben eine inmitten flachgewölbte, seltener ebene Oberfläche, ihre Vegetation, welche von der Mitte gegen die Ränder fortschreitet, besteht vorwiegend aus Sphagnum, Torfmooren und Wollgräsern, bei Trockenheit auch aus zwei Heidearten (Erica tetralix und Callum vulgaris). Das nährstoffreiche Wasser erreicht die Pflanzendecke, welche nun an die atmosphärischen Niederschläge angewiesen ist, nicht mehr, weshalb der Torf in der Regel auch aschenärmer als jener der Flachmoore ist. Sie finden sich in regenreichen Gebieten. Der auf trockenen Boden angewiesene Heidetorf ist das Endglied der Torfbildung. Die Hochmoore sind auch frei von Abwärtsbewegungen und schließen kalkhaltiges Wasser aus. Die Sphagnumarten des Hochmoores können derart überwuchern und sich ausbreiten, daß die Bäume verkrüppeln und verdorren: es ist dann ein typisches Hochmoor. An der Rülle (Bach) entwickelt sich wieder das Schilfrohr und ein Röhrichtbestand. Das Hochmoor kann sich entweder selbständig, d. i. direkt auf dem steinigem Boden bilden, oder es ist die Fortentwicklung eines darunter liegenden Flach- und Übergangsmoores.

Diese beiden beschriebenen Moorarten sind nicht immer scharf geschieden, sondern durch *Übergangs- oder Zwischenmoor* verbunden, wenn die Torfmassen des Flachmoores derart mächtig werden, daß sie über den Grundwasserspiegel emporwachsen und Sträucher und Bäume (Erlen, Weiden, Leföhren, Birken, Kiefern, Fichten und Mischwälder⁴⁾) tragen können: die Erle beginnt zu

⁴⁾ Im norddeutschen Tieflande, in Dänemark, Norwegen und Schweden beobachtete man in den postglazialen Mooren folgenden Entwicklungsgang der Bäume: er begann mit der Haarbirke, darauf folgte die Föhre, in deren mittlerer Entwicklung die Eiche begann, welche häufiger wurde und zu der sich in sumptigen Stellen die Erle mischte.

¹⁾ Bilden die Hochmoore.

²⁾ Bilden die Flachmoore.

³⁾ Bilden vorwiegend die Übergangsmoore.

kränkeln und tritt zurück. Zu den Bäumen gesellen sich Sphagnumarten, das Wollgras und der Sumpfporst (*Ledum palustre*). Nach *Potonié* entstehen die Übergangsmoore, wenn Überschwemmungen keinen oder so gut wie keinen Einfluß haben. Doch ist die Hauptursache des Vegetationswechsels die Klimaschwankung. Das Flachmoor bildet sich während eines warmen Klimas, dessen Ende das Übergangsmoor ist; das Hochmoor setzt sehr feuchtes Klima voraus. Baumreste findet man häufiger in den Torfmooren eingeschlossen und besonders die Nadelhölzer bilden manchmal bei der Torfgewinnung große Schwierigkeiten. Es sind entweder Wurzelstöcke mit einem Stammstrunk, der nahezu lotrecht steht, und von einem im Sturm geköpften Baum herrührt, oder es sind mehr oder weniger astfreie Stämme, zur Mooroberfläche parallel liegend, welche von Bäumen herrühren, die der Sturm oder eine Hochflut umwarf; liegen solche Stämme nahezu parallel, so ist damit die Sturmrichtung markiert. Holzreiche Torfmoore schließen den Baggerbetrieb aus. In den Torfmooren findet man auch schichtenweise taube Einlagerungen von tonigem und sandigem Material, welche von Überschwemmungen herrühren. Sie können die Entwässerung der Moore erschweren. Bei der Entwässerung steigt die Temperatur des Torfes infolge Eindringens von Luft.

Die Wachstumsverhältnisse des Flachmoores sind kompliziert. Das ursprüngliche Wachsen erfolgte, wie fast bei jeder Pflanze, nach aufwärts und ist durch die Kapillarität begrenzt. Dadurch, daß die abgestorbenen Pflanzen in das Wasser einsinken, steigt dessen Spiegel an, wodurch ein weiteres Aufwärtswachsen der Pflanzen möglich wird; sie schieben sich allmählich gegen die Mitte des Wasserbeckens vor; diese horizontale Erweiterung des Moores wird überdies auch dadurch vergrößert, daß, infolge des ganz allmählichen Ansteigens des Wasserspiegels, sich die Moorvegetation auch nach auswärts ausbreiten kann. Infolge dieses Wachsens der dichten Sumpfdede nach drei Richtungen ist es auch erklärlich, daß in einem Torflager in derselben Zeit viel mehr, mindestens sechsmal soviel, Pflanzensubstanz wächst als im besten Walde von gleicher Fläche, und daß, wie in Schweden und auf der Insel Seeland, Torflager sich auch in Meeresbuchten vorschieben konnten. Die Sumpfdede schreitet infolge der Tieferlegung des Seespiegels durch die Erosion des Ausflusses und wegen der Erhöhung des Seegrundes vom Ufer gegen das Innere des Wasserbeckens vor, weshalb dieselbe schließlich das letztere ganz mit Torf erfüllt oder in jüngeren tiefsten Stellen das Wasser mit Torf überdeckt wird. Dort bilden sich die *Wasserkissen*, örtlich auch Kuhwampen genannt, deren Decke elastisch schwingt und bei größerer Ausdehnung ein *Schwingflachmoor* bildet. In ihnen ist eine Wassermasse gleichsam in einer Höhle angesammelt, während das übrige Wasser das Torflager zum

Teil durchtränkt; da nun fast keine Pflanzen in das Wasser einsinken können — nur noch im Wasserkissen —, so steigt der Wasserspiegel nicht mehr an und dadurch wird das Hoch- und das Auswärtswachsen der Vegetation unterbunden, das Flachmoor kommt zum Stillstand und nur im Wasserkissen ist ein Einsinken der Decke in das Wasser und dadurch das fortgesetzte Spitzenwachstum möglich, wobei es vorkommen kann, daß die Torfdecke wegen ihres wachsenden Gewichtes einbricht. Es kommt auch vor, daß die Torfmassen auf das Wasserkissen derart drücken, daß deren Decke platzt, und der Torfbrei mit Torfstücken als Strom ausfließt, einen *Moorbruch* bildend. Manche Moore begannen ihr Wachstum mit der Bildung von schwarzen Faulschlammgesteinen, wobei tierische Organismen und Diatomeen nebst anderen pflanzlichen Stoffen einem reduzierenden Fäulnisprozeß unterworfen waren; erst später setzte die eigentliche Torfbildung ein. Jedes mächtige Moor, insbesondere Hochmoor, zeigt in seiner Entwicklungsgeschichte einen Vegetationswechsel, der Rückschlüsse auf die Klimaschwankungen, welche jene vorwiegend bedingten, gestattet. Man findet in dieser Hinsicht beim Vergleich der österreichischen alpinen Moore mit jenen Norddeutschlands viele Ähnlichkeiten. Es sei hier als Beispiel ein durch Abwaschung der Enns entstandener Aufschluß (Profil) des Krumauer Moores „Neu-Amerika“ bei Admont in Obersteiermark erwähnt. Von unten nach oben: Mudden, Schilfrohrortorf, Erlenholzortorf, Kiefernholzortorf, Eriophorumbank, älterer Moostorf, Grenzhorizont, jüngerer Moostorf, jetzige Vegetation, aufgenommen von Dr. V. Zailer. Dieser entwirft hierzu folgende Moorgeschichte¹⁾, welche nachfolgend auszugsweise wiedergegeben sei und neben ihrer örtlichen Bedeutung auch allgemeines Interesse bietet.

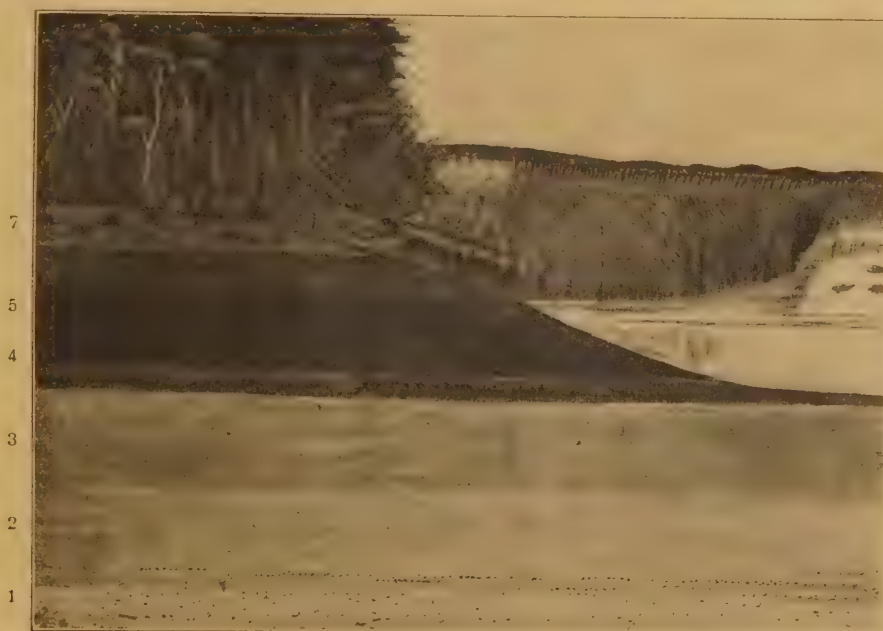
I. Flachmoor. Die Ennsmoore beginnen mit 1. schlammigen, minerogenen und organischen Sedimenten (Mudden), die stellenweise eine große Mächtigkeit (über 20 m) erreichen; durch ihre Ablagerung wird das Gewässer seichter, und der Pflanzengürtel des Ufers kann sich gegen die Mitte vorschieben. V. Zailer bringt die Vertorfungsgeschichte des Ennstales mit den Eiszeiten in Verbindung und stellt diese Mudden nach der Bülhzeit²⁾. Unten ist in der Schlammudden-schicht der mineralische, oben, in der dunkelgrauen bis grauschwarzen *Torfmuße*, eine gutgeschichtete Planktonbildung des freien Wassers, der organische Anteil vorherrschend; immerhin hinter-

¹⁾ Die Entstehungsgeschichte der Moore im Flußgebiet der Enns, Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 1910, Heft 3—4.

²⁾ In Norddeutschland beginnt die Moorbildung mit dem Abschmelzen des Landeises, etwa in der Mitte der Yoldiaszeit; die floristische Entwicklung und die Klimaschwankung dieser Moore sind in einer Reihe interessanter Abhandlungen in der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft Band 62, Seite 97 bis 304, Berlin 1910, besprochen.

läßt die letztere fast $\frac{1}{4}$ des Gewichtes Asche; ihre Mächtigkeit ist gering, oft kaum 10—25 cm. In der Muddeschicht kommen ab und zu Süßwasserconchylien, manchmal nesterweise vor. Wo die Torfmuddeschicht mächtiger ist, ist sie reich an *Schilfschwemmtorf* und kann dann viele Meter Mächtigkeit erreichen, er schließt auch Erlen-*treibholz* und andere Treibprodukte ein. Darüber folgt 2.¹⁾ eine mehrere Meter mächtige Lage von *Schilftorf*, ein Beweis, daß sich schnell eine Massenvegetation von Schilfrohr, begleitet von Binsen, Schachtelhalm, Rohrkolben und die Röhrichtsümpfe umgebend, in einem relativ seichten, höchstens 2,5 m tiefen Wasser entwickelte, nachdem dem letzten Rückzugsstadium der Gletscher die wärmere und niederschlagsarme Bülzeit folgte.

Zwischen der Schilf- und Erlen-*torfschicht* schaltete sich manchmal eine Lage von Resten der großblättrigen *Carex*-arten ein, was auf einen gleichbleibenden Stand des Seespiegels oder auf eine lokale Versumpfung schließen läßt; diese Gras- oder *Carex*-*torfe* erreichen oft eine große horizontale, doch keine bedeutende vertikale Ausdehnung. Diese Bildungen entsprechen dem Ende der warmen Zwischenzeit zwischen dem Bül- und Gschnitzstadium. Die Austrocknung des Moores schreitet fort, das Klima bleibt niederschlagsarm und relativ warm; der Erlenbestand wird von der Fichte, Bergkiefer und Birke verdrängt, der *Nadelholzübergangswald* gedeiht sehr gut, über 100 Jahre alte, harte Stämme liegen im Torf eingebettet, wirr oder parallel; eine eigene



1. Der mineralische Untergrund. 2. Tonmudde. 3. Lebermudde 4. Torfmudde. 5. Schilftorf.
6. Seggentorf. 7. Bruchwaldtorf.

Fig. 1. Flach- oder Niedermoor. Nach C. A. Weber.

Der Fluß oder Bach schlängelte sich träg durch den versumpften See, in welchem sich der Wasserspiegel allmählich senkte, da sich der Abfluß in die Barre tiefer einschnitt. Dadurch wurde das Fortschreiten der Schilfvegetation gegen die tieferen Stellen möglich, weshalb auch die Schilftorfschichte dorthin geneigt und gewöhnlich weniger mächtig ist.

II. Übergangsmoor: Die randliche Schilftorfzone wurde infolge der Spiegelsenkung trocken gelegt und auf ihr gedieh ein üppiges Erlengestrüpp und Erlenübergangswald, welcher die *Erlentorfschicht*, aus Blättern, Geäst und plattgedrückten, weichen Stämmen bestehend, bildete.

¹⁾ In den steierischen *Morämentorfen*, wie in Norddeutschland, *Lebertorf*.

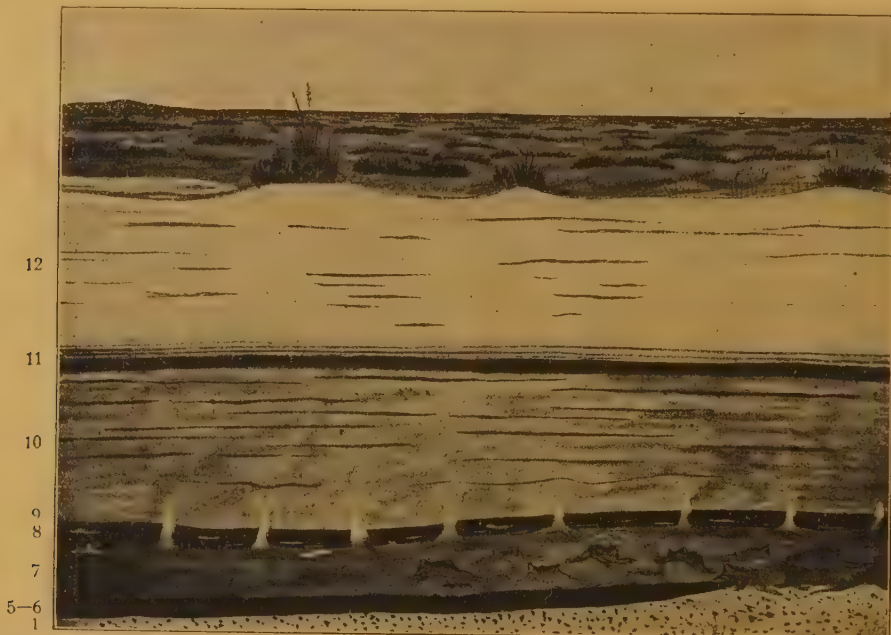
Torfschicht, wie die Erle, bilden die Nadelhölzer nicht.

III. Hochmoore: Es folgt eine niederschlagsreiche Gschnitzzeit, welche die üppige Entwicklung der Hochmoorflora, Sphagneen (Torfmoose), scheidiges Wollgras, Scheuchzeria, sehr fördert, wodurch der Nadelwald verkrüppelt und vernichtet wird. Die Bäume brechen ab, die aufrecht stehen gebliebenen Stöcke werden von einer dichten Wollgrasbank bedeckt, welche große Mächtigkeit erreichen kann. Die Hochmoorflora ist nicht mehr vom Kapillarwasser, sondern vom Regen und Staub abhängig. Das feuchte Klima wird von einer trockenen Periode, zwischen dem Gschnitz- und Daunstadium, unterbrochen, worauf der bröcklige Heidehumus oder zersetzte Torf verweist und als sogenannter *Grenzhorizont*

(Weber) 5—10 cm mächtig¹⁾ den jüngeren vom älteren Moostorf trennt. Die typische Heide-strauchvegetation mit Moosen von *Calluna vulgaris*, *Vaccinium*arten, Moose, Flechten, kleine Birken bildeten die Moorvegetation. In den Mooren Böhmens, Deutschlands, Skandinaviens ist die Grenzschiebt mächtiger als in Obersteiermark entwickelt, ein Zeichen, daß dort die trockene Periode länger anhielt, während sie in den Schweizer Torfmooren nicht ausgeprägt ist. In den nördlichen Ländern ist der jüngere Moostorf, welcher den leichten Streuturf liefert, die Pflanzen noch deutlich erkennen läßt und dem Daunstadium entspricht, hellgelb bis weiß, der ältere (Brennturf) braunschwarz, hingegen ist in den Ennstalmooren kein wesentlicher Farbenunterschied erkennbar. Je nach den klimatischen Verhältnissen ist heute

die durch Verlandung der Seen entstandenen Moore folgende Bildungsreihe fest:

Hochmoor	Heidehumus
	Jüngerer Moostorf
	Grenzhorizont
Übergangsmoor	Alterer Moostorf
	Eriophorumturf, evtl. Scheuchzeria- oder Carex-Sphagnum-Wollgrasturf
	Föhren- und Birkenholturf
	Erlenturf
Flachmoor	Turf aus dem Kleinseggenbestand (Parvocaricetum)
	Seggen- und Hypnumturf
	Schilfturf oder die Kombination von Seggen- und Hypnumturf
	Leberturf, Mudde
	Kalk- und Diatomeenschlamm.



1. Der mineralische Untergrund. 2. Tonmudde. 3. Lebermudde. 4. Torfmudde. 5. Schilfturf. 6. Seggenturf. 7. Bruchwaldturf. 8. Föhrenwaldturf. 9. Scheuchzeriaturf. 10. Alterer Sphagnumturf. 11. Torfarten des Grenzhorizontes. 12. Jüngerer Sphagnumturf.

Fig. 2. Hochmoor. Nach C. A. Weber.

das Moor entweder in weiterer Entwicklung begriffen oder es ist Verzögerung, ja selbst Stillstand eingetreten. Der Heideturf der Hochmoore ist ein Beweis der Verzögerung der Torfbildung wegen teilweiser Austrocknung der Oberfläche.

Die voranstehende Beschreibung der Entwicklung der steirischen Ennstmoore und die tabellarische Übersicht entsprechen auch jenen Deutschlands.

Zusammenfassend stellt V. Zailer (1907) für

¹⁾ Weber verlegt die Bildung des Grenzhorizontes in Norddeutschland nach der Pitorjussenkung etwa an das Ende der jüngeren Steinzeit. In Norddeutschland war diese Zeit der Trockenperiode, die hier C. A. Weber auf 1000 Jahre schätzt, von längerer Dauer und intensiver als in Obersteiermark.

C. A. Weber gibt auf Grund seiner weitreichenden Beobachtungen „zwei geologische Moorprofile“^{a)} mit nachstehender Reihenfolge:

Flachmoor:

Bruchwaldturf
Seggenturf
Schilfturf
Torfmudde
Lebermudde
Tonmudde
Mineralischer Untergrund

Hochmoor:

Jüngerer Sphagnumturf
Torfarten des Grenzhorizontes
Alterer Sphagnumturf

^{a)} Farbige Wandtafeln, Borntraeger, Berlin.

Übergangsmoor	Scheuchzeriatorf
	Föhrenwaldtorf
	Bruchwaldtorf
Flachmoor	Seggenras- und Schilftorf
	Mudde und mineral. Unterlage

H. Potonié¹⁾ gibt für die Moore des Memel-deltas folgende Reihe an, die im großen ganzen mit jener der Ennsmoore übereinstimmt.

Hochmoor	Seeklima-Hochmoor
	Hochmoore-Vorzone, z. T. mit Schilf-rohr
Zwischenmoor ..	Nadelmischwaldzone mit Ericaceen
	Birkenzone
Flachmoor	Erlenstandmoor
	Erlensumpfmoor, gelegentlich Sumpf-moorwiesen
	Röhrichtverlandungszone.

Im Anschluß an das vorher besprochene Profil des Krumauer Moores seien Wittes Analysen des Torfes der einzelnen Schichten mitgeteilt, die sich auf die Trockensubstanz beziehen:

Botanische Bezeichnung	Tiefe	Org. Substanz	Asche		Stick- stoff	Kali	Phos- phor- säure ²⁾	Kalk
			Gesamte	Davon in HCl löslich unlöslich				
Jüngerer Moostorf ...	0,30	99,36	0,64	0,45 0,19	0,79	0,06	0,05	0,12
Grenzhorizont	0,90	94,36	5,64	1,77 3,87	1,11	0,08	0,17	0,58
Alterer Moostorf	1,50	96,86	3,15	1,98 1,16	1,04	0,05	0,11	0,33
Eriophorumbank	2,00	88,84	1,16	0,76 0,40	0,88	0,05	0,08	0,17
Kieferwaldzone	2,40	97,91	2,96	0,96 1,13	1,29	0,05	0,07	0,15
Erlenwaldzone	2,70	95,63	4,37	1,37 3,00	1,31	0,09	0,06	0,15
Schilftorf	3,20	75,11	24,89	4,81 20,08	1,39	0,26	0,19	0,11
Muddetorf	4,00	27,32	72,68	11,18 61,50	0,48	0,47	0,26	0,11
Schlammudde	4,50	2,55	97,45	10,61 86,84	0,09	0,16	0,14	0,36

Diese Analysen zeigen im großen ganzen eine Abnahme des Aschengehaltes nach obenhin, der beim Schilftorf infolge von Toneinschwemmung so hoch ansteigt, daß eine weite Verfrachtung ausgeschlossen und eine Verwendung als Brennmaterial sehr fraglich ist. Hingegen sind die jüngeren supraaquatischen Torfarten durch eine sehr geringe Aschenmenge, die vorwiegend von mechanischen (unlöslichen) Beimengungen herrührt, ausgezeichnet, welche naturgemäß während der Trockenperiode des Grenzhorizontes infolge von Einwehungen den Höchstwert erreichen.

(Schluß folgt.)

Der Ursprung der Urnieren.

Von Thilo Krumbach.

A.

(1) Als Joh. Meisenheimer vor 8 Jahren abermals die Literatur über den Bau und die Entstehung der Nieren durchforschte, fand sich, daß Exkretionsorgane den Schwämmen und Cölenteraten und selbst den ein-

¹⁾ Entstehung der Steinkohle usw., Berlin 1910, Seite 45.

²⁾ Die Phosphorsäure reichert sich im Flachmoore als Vivinanit ($\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) an, der Nester im Torf bildet.

fachsten bilateralen Tieren, den acölen Turbellarien, noch abgehen, und daß die erste und primitivste Form der Niere, die Urniere, das Protonephridium, am frühesten bei den Plattwürmern auftritt, sodann den Rädertieren und polychäten Ringelwürmern zukommt, sich weiterhin noch bei einigen isolierten Tiergruppen, wie den Gastrotreichen, Echinoderiden, bei Echinorhynchus (?) und den endoprocten Bryozoen, findet und mit dem Amphioxus wieder aus dem Tierreich verschwindet.

(2) Protonephridien sind, anatomisch betrachtet, winzige Wimperorgane, die in das Körperparenchym eingesenkt sind und durch symmetrisch geordnete Röhrenzüge mit der Körperoberfläche in Verbindung stehen. — (Gegen die Leibeshöhle hin sind sie also abgeschlossen.)

(3) Physiologisch sind die Protonephridien Emunktorien von lokomotorischem Typus — Organe, die sich dem Körper zur Ausscheidung nicht weiter verwertbarer gelöster Abfallstoffe zur Verfügung stellen und die Exkrete auf den röhrenförmigen Abzugswegen durch Wimperschlag nach außen führen.

Im Sinne dieser Definitionen ist die Wimperzelle das Ursprungs- und nicht das Terminalorgan, und

nicht ein wesentlicher, sondern der wesentliche Teil der Urniere.

(4) Topographisch pflegen die Protonephridien metamerisch oder pseudometamerisch angeordnet zu sein — wie etwa bei dem (schematisierten) Strudelwurm unserer Abbildung, wo die äußeren Poren der beiden symmetrischen Leitungswege pseudometamerisch liegen.

(5) „Die neueren Untersuchungen über die Entwicklung der larvalen Protonephridien haben zu dem sehr bemerkenswerten einheitlichen Ergebnis geführt, daß es fast überall gelang, ihre erste Anlage unmittelbar von rein ektodermalen Zellenkomplexen abzuleiten.“ „In vier verschiedenen Tiergruppen, bei Polychäten, Phoronis (siehe Figur), Muscheln und den Landpulmonaten, ist . . . in ganz übereinstimmender Weise eine ektodermale Entstehung aller Teile der Protonephridien erwiesen.“ Und das ist, wie Meisenheimer (1909) weiter darlegt, eine Bildungsweise, „die in vollster Übereinstimmung mit den Ergebnissen steht, wie sie Bugge (1902) an der Entwicklung der protonephridialen Exkretionssysteme der [nicht larvalen] Plattwürmer gewonnen hat.“ — „Andererseits dürfen auch die wenigen gegenteiligen Ansichten nicht unerwähnt bleiben. So leitet v. Erlanger (1891, 1892) die Urniere von Paludina und Bithynia in ihren wesentlichen Bestandteilen von Mesodermzellen ab, bei Cyclas soll ferner nach Stauffacher (1897) die larvale Niere teils mesodermaler, teils ektodermaler Natur

sein. Für die Süßwasserpulmonaten vermochte *Meisenheimer* (1899) den sichern Nachweis einer ektodermalen Entstehung des larvalen Protonephridiums nicht zu erbringen, ja neuerdings glaubt *Wierzejski* (1905) ihre Anlage hier auf Derivate des Urmesoderms zurückführen zu müssen, und *Nußbaum* und *Oxner* meinen es zumindest wahrscheinlich gemacht zu haben, daß die Urnieren der Nemertinen dem Mesoderm entstammen: — Das sind jedoch Funde und Überzeugungen, die den Eindruck von der ursprünglich ektodermalen Herkunft des gesamten Protonephridialsystems im Grunde nur bestätigen.

B.

(1) Wenn es richtig ist, daß die wesentlichen Züge des Urnierensystems im Vorhandensein der Wimperflamme, in der symmetrischen Anordnung und metametrischen Gliederung der Leitungswege sowie in dem strengen Abschluß gegen das Cölom liegen, dann sind bereits die „Rippen“ der Ctenophoren Urnieren! Dann entsprechen die Ruderplättchen der Rippenquallen den Wimperflammen höherer Evertibraten und die vier Paar Rippen den (ein bis) vier Paar symmetrisch gelagerten und reihenmäßig gegliederten Wassergefäßstämmen etwa der Platoden. Dann ist nur noch zu erweisen, daß das Ruderplättchen gleich der Wimperflamme in einer Versenkung des Ektoderms entspringt, und daß aus der leistenartig vortretenden Rippe eine Röhre — werden kann.

(2) Daß das Ruderplättchen — etwa einer Beroë — einem Säckchen entspringt, widerspricht freilich dem Augenschein. Jedoch nur dem Schein. Wäre es richtig, wie man gemeinhin glaubt, daß die Basallager der Plättchen zweischichtig sind, so läge hier eine Ausnahme von dem allgemein gültigen Satze vor, wonach das Epiderm der Wirbellosen einschichtig ist. Die Basallager sind in Wirklichkeit aber Säckchen mit unterdrücktem Lumen, wie mit aller Deutlichkeit aus

Th. Mortensens Funden (1912) an jungen Tjalfiellen (sitzenden Ctenophoren) hervorgeht und auch an Beroë wie jeder anderen Ctenophore bei genauerem Zusehen zu erkennen ist.

(3) Das Ruderplättchen der jungen (sich noch frei bewegenden) Tjalfiella wird bei dem alten (sessilen) Tier zu einer am Grunde eines Säckchens liegenden Wimperflamme.

(4) Die Wassergefäßstämme der alten Tjalfiella sind symmetrisch angeordnet und metametrisch gegliedert. Sie erscheinen an derselben Stelle versenkt, wo die Rippen des jungen Tieres „verschwinden“ sind.

(5) Ganz ähnliche Verhältnisse scheinen vorzuliegen bei einer in der Jugend freischwimmenden und im Alter kriechenden Ctenophore, der Coeloplana. Bei ihr verliert die Larve das Ruderwerk, Remigium, in dem Augenblicke, wo sie zu kriechen beginnt und ersetzt es — vermutlich — in der Tiefe durch Reihen von Säckchen mit Wimperflammen. Was *Komai* kürzlich (1920) darüber beigebracht hat, ist leider noch nicht durch Abbildungen belegt und darum vorerst noch mit Vorsicht zu deuten.

C.







(1) Larven von Ctenophoren und solche Formen, die zeitlebens larvale Züge behalten, haben ein Ruderwerk; als reife Tiere kriechend oder sitzend werdende Formen bilden das Ruderwerk zu einem Protonephridialsystem um.

(2) Dieser Vorgang vollzieht sich im Grunde ohne eigentlichen Funktionswechsel. Das Wassergefäßsystem befreit den Körper von schädlichen Lösungen, und die Ruder überführen den Körper aus verbrauchtem Wasser in günstigere Umgebung. — Der träger werdende Körper verlangt die Umwandlung der Ruder in Wimperflammen.

(3) Bei der Versenkung der Ruderrippen in das Körperparenchym der Tjalfiella entsteht neben dem Wimperflammsäckchen noch ein zweites Röhrrchen (siehe Figur). Die neue Wimperflamme kommt über die männliche Gonade zu liegen, das andere Röhrrchen über die weibliche Keimdrüse. Das zweite Röhrrchen ist vermutlich mit flimmerndem Epithel ausgestattet. — Über diese Dinge und welche Beziehungen zwischen ihnen und den durch *R. Hertwig*, *Samassa* und *Chun* bekannt gewordenen Epithelsäckchen auf den schwertkielartigen Fortsätzen der Callianira denkbar sind, wird im Kükenthalschen Handbuch der Zoologie die Rede sein.

Literatur:

- 1909 *Joh. Meisenheimer*, Die Exkretionsorgane der wirbellosen Tiere. I. Protonephridien und typische Segmentalorgane. — Spengels Ergebnisse und Fortschritte der Zoologie, 2. Band, 2. Heft.
- 1903 *Joh. Meisenheimer*, Exkretionsorgane. — Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 3. Band.
- 1916 *Leopold Löhrner*, Die Exkretionsvorgänge im Lichte vergleichend-physiologischer Forschung. — Sammlung anatomischer und physiologischer Vorträge und Aufsätze, herausgegeben von Gaupp und Trendelenburg, Jena, Gustav Fischer, 28. Heft.
- 1903 *Arnold Lang*, Beiträge zu einer Trophocöltheorie, Jena, Gustav Fischer, Seite 90—112, Das Nephridialsystem der Platoden und Anneliden.
- 1912 *Th. Mortensen*, Tjalfiella tristoma Mrtsn. — The Danish Ingolf-Expedition Vol. 5: 2 Ctenophora. Copenhagen, Printed by Bianco Luno. Sehr aufschlußreiche Schrift.

RUDERPLÄTTCHEN	WIMPERFLAMMEN
	
BEROË	PHORONIS JUV.
	
TJALFIELLA JUV.	TURBELLAR
	
TJALFIELLA ALT.	TURBELLAR
CTENOPHOREN	VERMALIEN

- 1912 *Ad. Kemna*, Un Cténophore sessile, Tjalfiella Mortensen. — Annales de la Société royale Zoologique et Malacologique de Belgique, tome 47, Seite (30) 12: Cavités paragenitales.
- 1920 *Taku Komai*, Notes on Coeloplana bocki n. sp. and its development. — With 5 textfigures. — Annotations Zoologicae Japonenses Vol. 9, Part 5.
- 1880 *Richard Hertwig*, Über den Bau der Ctenophoren: Studien zur Blättertheorie, 3. Heft, Jena, Gustav Fischer, Tafel VI, Figur 1, 2 und 4.
- 1892 *Paul Samassa*, Zur Histologie der Ctenophoren. — Archiv für mikroskop. Anatomie Bd. 40.
- 1893 *Paul Samassa*, Über die Entstehung der Genitalzellen bei den Ctenophoren. — Verhdlg. des naturh. med. Vereins zu Heidelberg, N. F. 5. Bd., 1. Heft.
- 1892 *Carl Chun*, Die Dissogonie. Festschrift für Leuckart.
- 1898 *Carl Chun*, Über die Geschlechtsverhältnisse der Gattung Callianira. — Die Ctenophoren der Plankton-Expedition, Kiel und Leipzig, Verlag von Lipsius & Tischer, Tafel 2, Figur 4.

Besprechungen.

Bein, Willy, Das chemische Element, seine Wandlung und sein Bau als Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1920. VIII, 360 S., mit 39 Figuren im Text. Preis geheftet M. 45,—, gebunden M. 53,—.

„Der Verfasser erweist sich in der gesamten einschlägigen Literatur des In- und Auslandes in einem Maße bewandert, das höchste Bewunderung abnötigt.“ „Kürze und Klarheit der Darstellung.“ „So ist ein Buch entstanden, das man wohl als eines der inhaltsreichsten der Gegenwart bezeichnen darf.“ „Wir wünschen dem Buch weiteste Verbreitung in allen Kreisen, die an der neueren Entwicklung der Atomtheorie interessiert sind.“

So wurde unlängst in einer vielgelesenen chemischen Zeitschrift das vorliegende Werk von Dr. Bein besprochen. Heutzutage, wo jedes etwas umfangreichere Buch eine Kostbarkeit ist, deren Anschaffung sich die Mehrzahl der Wissenschaftler reiflich überlegen muß, erwächst jedem Referenten in besonders hohem Maße die Pflicht, gründlich zu prüfen, ob und wem ein Buch empfohlen werden kann. Und da das oben im Auszug wiedergegebene Referat unter anderm auch hervorhebt, daß das Beinsche Werk besonders für Chemiker geeignet sei, dies wohl auch die Ansicht des Autors ist, der selber Chemiker zu sein scheint, und von den *Naturwissenschaften* einem Chemiker die Besprechung anvertraut worden ist, möchten wir uns beeilen, vor allem diesem letzten Urteil mit aller Entscheidung entgegenzutreten. Denn während der durchschnittliche Physiker über genügend Kenntnisse verfügen dürfte, um das Buch bald zu durchschauen, scheint — nach obigem Referat zu schließen — für Chemiker auf diesem Gebiet größere Gefahr zu bestehen, daß sie die Fähigkeit, Material anzuhäufen, mit Sachkenntnis verwechseln.

Wir wollen, um gewiß nicht ungerecht zu sein, dem Autor nicht in allen Partien des Buches die Sachkenntnis absprechen. Gern heben wir hervor, daß im Beginn, in der Schilderung der antiken und mittelalterlichen Elementvorstellungen, manches gut wiedergegeben ist und daß wir sogar mit einem günstigen Vorurteil an die Lektüre der späteren Kapitel heran-

gingen, da der Autor bei der Besprechung der Aristotelischen Elementvorstellung sich nicht ohne Erfolg bemüht, auch einen Begriff von ihrem philosophischen Gehalt zu geben, während die meisten naturwissenschaftlichen Lehrbücher darüber mit ein paar sehr unvollkommenen stereotypen Schlagworten hinweggehen. Je weiter wir aber in dem Buch lasen, um so mehr mußten wir erkennen, daß dem Autor die Kraft fehlte, auch die moderne Entwicklung, die weitaus die meisten Seiten des Werkes füllt, in einer nur halbwegs lesbaren und von groben Irrtümern freien Form wiederzugeben. Zusammenhanglos, ohne jede Scheidung von Wichtigem und Unwichtigem und voll von Mißverständnissen drängt sich hier ein Exzerpt an das andere; je mehr es sich um die Wiedergabe des neuesten Materials handelt, je nötiger die ordnende Hand des Darstellers wird, um so krasser tritt die Übermacht des Stoffes in die Erscheinung und rettungslos verirrt sich der Autor in dem Neuland, durch das er seinen Lesern als Führer dienen wollte.

Es hätte keinen Zweck und wäre auch praktisch nicht möglich, alle die Irrtümer zu nennen, die uns während der Lektüre auffielen. Die Angabe, daß die Kanalstrahlen, die bei der bekannten Versuchsanordnung durch die Kathode hindurchfliegen, an der Rückseite der Kathode „entstehen“ (S. 112), die Mitteilung, daß Stoffe, die durch radioaktive Beimengungen elektroskopisch gerade nachweisbar gemacht worden sind, „schwach leuchten“ und daran erkannt werden (S. 158), die Wiedergabe der Versuche der Herren *Stern* und *Volmer*, die zur Untersuchung auf Isotopie Wasserstoff diffundieren ließen und dann vor der Messung zu Wasser verbrannten, in der gekürzten Form, daß die beiden Forscher brennenden Wasserstoff diffundieren ließen (S. 190) — eine Leistung, die selbst bei so geübten Experimentatoren verblüffend wirkt —, oder der schon dem Ohre schmerzhaft Satz „Von den Ordnungszahlen hängen als unabhängige Variable alle Eigenschaften der Elemente ab“ (S. 259), mögen als Beispiele dienen, daß man an keiner Stelle sicher sein kann, ob dem Autor nicht das theoretische Verständnis eines Vorgangs, die richtige Vorstellung eines Experiments oder der Sinn eines Fachausdrucks dunkel geblieben ist.

Vergeblich haben wir uns gefragt, für wen der Autor eigentlich sein Buch geschrieben zu haben glaubt; dem Fachmann einen Ersatz für die Originalliteratur zu bieten, konnte er als Fremdling in diesem Gebiet doch kaum erwarten, und tatsächlich machen die zahllosen Fehler das gesamte Material für den Fachmann unverwertbar. Und welchem Studenten sollte wohl zu empfehlen sein, dieses unüberschaubare Konglomerat in die Hand zu nehmen an Stelle der von Fachleuten geschriebenen einführenden Werke, von denen wir ja schon eine ganze Reihe besitzen, oder auch der Originalarbeiten selber, die niemals so schwer verständlich sein können wie das, was Dr. Bein aus ihnen gemacht hat. Denn fast noch mehr als die offenkundigen Fehler — die freilich qualitativ und quantitativ das zulässige Maß bei weitem überschreiten — möchten wir dem Autor verübeln, daß er strebsame Studenten der Gefahr aussetzt, Zeit und Arbeitslust in seiner Notizenkrämerei einzubüßen und zuletzt zu glauben, daß das Gebiet wirklich so verwirrend ist, wie es jedem scheinen muß, der das Unglück haben wird, statt der gesuchten klaren Grundgedanken der modernen theoretischen Arbeiten nur die unendlichen Zahlen, Tabellen, Formeln und mißverstandenen Theorien von Dr. Bein zu finden.

Hätte sich der Autor nur auf eine Literaturzusammenstellung beschränkt, so hätte er sich vielleicht Dank verdient, da sein außerordentlicher Fleiß es ihm ermöglicht hat, weniger bekannte Schriften aufzustoßern, die für Liebhaber historischer Vollständigkeit — wir denken hier namentlich wieder an die Kapitel, die sich mit der älteren Entwicklung des Elementbegriffs befassen — ein gewisses Interesse haben können. Ein schwaches Heftchen hätte das Resultat seiner Sammlertätigkeit umfaßt. Dem eigentlichen Text, der die Arbeit zu einem 360 Seiten starken Buch anschwellen ließ, können wir keine Existenzberechtigung zuerkennen; wir müssen es bedauern, daß soviel zwecklose Arbeit geleistet wurde und soviel unnötige Kosten entstanden sind. „Ein großer Aufwand, schmächtig! ist verthan.“

Fritz Paneth, Hamburg.

Groth, Paul, Elemente der chemischen und physikalischen Krystallographie. München und Berlin, R. Oldenburg, 1921. V, 363 S., 4 Tafeln, 962 Textfiguren und 25 Stereoskopbilder. Gr. 8°. Preis geb. M. 90,—.

P. Groths Handbuch „Chemische Krystallographie“ sowie das Werk „Physikalische Krystallographie“ sind allen Chemikern wohlbekannt. Heute, da das Interesse für kristallographische Fragen ein reges geworden ist, die Überzeugung sich immer mehr befestigt, daß die Struktur der Kristalle und die Stereochemie zwei Forschungsgebiete sind, die in einem höheren Sinne zusammengehören, fühlen wir uns alle unserem Altmeister P. Groth ganz besonders verbunden. Nur dank seiner unermüdlichen Arbeit sind wir imstande, ein großes Gebiet überblicken zu können. Die „Elemente der chemischen und physikalischen Krystallographie“ geben uns einen Begriff von der Fülle bereits bekannter Tatsachen auf kristallographischem Gebiet. Ein außerordentlich großer Teil dieser Untersuchungen, deren Wert erst heute voll erkannt wird, entstammt den Laboratorien von P. Groth oder denen seiner Schüler.

Mit glücklicher Hand hat P. Groth in diesem neuen Buch all das zusammengefaßt, was seit 1870 Gegenstand seiner rastlosen Forschertätigkeit war. „Die gesamte Kristallkunde, d. h. die Kenntnis der physikalischen und geometrischen Eigenschaften der kristallisierten Stoffe und deren gesetzmäßige Beziehungen zueinander und zur chemischen Konstitution bildet ein besonderes Fach im Gebiet der physikalisch-chemischen Eigenschaften.“ Dieser Satz aus dem Vorwort bietet das Programm des Buches, das Programm auch der von Groth begründeten und lange Jahre geleiteten „Zeitschrift für Krystallographie“. Das neue Buch von Groth ist kein Lehrbuch der Mineralogie, sondern ein Lehrbuch der Krystallographie, einer Wissenschaft, die für Chemie, Physik und Mineralogie gleichwertige Hilfswissenschaft ist. Ganz andere Gesichtspunkte als in des Referenten Lehrbuch der Mineralogie sind in den Vordergrund gestellt.

Das Buch zerfällt in 4 Teile: 1. Physikalische Krystallographie. Allgemeiner Teil. 2. Physikalische Krystallographie. Spezieller Teil. 3. Chemische Krystallographie. 4. Anhang: Anleitung zur Kristallbestimmung. Erster und dritter Teil geben einen Überblick über allgemeine physikalische und chemische Gesetzmäßigkeiten im Kristallreich. Im dritten Teil konnte eine Menge morphologischer Beziehungen erwähnt werden, die erst durch Groths Zusammenstellungen als solche erkannt wurden. Der Hauptwert des Buches liegt aber im zweiten Teil. Er enthält nach Kristallklassen geordnet die wesentlichen Eigenschaften aller wichtigen natürlichen und künstlichen kristallisierten Stoffe. Es ist ein außerordentlich erwünschter Auszug aus dem fünfbandigen Handbuch der „Chemischen Krystallographie“, teilweise erweitert durch neue Untersuchungen und reichlich illustriert. So ergänzt das Buch in vorzüglicher Weise die Lehrbücher der Chemie, es wird in keiner Bibliothek der Chemiker fehlen dürfen.

Eine prinzipielle Frage möchte der Referent noch berühren. Es ist zweifellos, daß in der Aufstellung der Kristalle eine große Willkür geherrscht hat. Fedorow, der bedeutende, leider zu früh verstorbene russische Krystallograph, hat einmal geschrieben, es sei so, als ob die Krystallographen eine Verschwörung gebildet hätten, darauf hinzielend, durch willkürliche Wahl der Koordinatenachsen die Kristallisationsgesetze zu verschleiern. Wenn einer die nötige Autorität gehabt hätte, durch zweckmäßige Aufstellung in Sinne Fedorows eine neue Symbolisierung durchzuführen, so wäre es P. Groth gewesen. Wir verstehen sehr gut, daß er aus Rücksicht auf die Originalliteratur und auf die Handbücher der Mineralogie das nicht getan hat, und ich glaube, daß ihm heute noch die Mehrzahl der Fachgenossen beipflichtet. Dem Referenten scheint jedoch, daß diese Revision kommen muß. Da zurzeit die Meinungen über das, was man als zweckmäßige Aufstellung anzusehen hat, noch geteilt sind, mag unseres Altmeisters abwartende Haltung durchaus berechtigt sein. Wir dürfen uns durch die in diesen grundlegenden Büchern adoptierten Aufstellungen nur nicht abhalten lassen, die durch Fedorow in Angriff genommene Aufgabe weiter zu verfolgen. Die Gefahr liegt nahe, der Hinweis auf das nächste Ziel der kristallographischen Forschung ist daher nötig.

P. Niggli, Zürich.

Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik.

Berlin, im Verlag des Vereines deutscher Ingenieure, I. Bd., 1921, Heft 1. Preis des Jahrganges von 6 Heften (30 Bogen) M. 50,—, für Mitglieder des Vereines deutscher Ingenieure oder der Deutschen Mathematiker-Vereinigung M. 40,—.

Herausgegeben von R. von Mises. Verlag des Vereines Deutscher Ingenieure, Berlin. Preis M. 50,—.

Es kann als eine Eigentümlichkeit der deutschen Wissenschaft angesehen werden, daß hier die fachlichen Grenzen wissenschaftlicher Betätigung weit schärfer gezogen sind als anderswo. Man wird z. B. kaum in einem andern Lande eine so konsequent durchgeführte Trennung zwischen der reinen „Universitäts“-Mathematik auf der einen Seite und allen „Anwendungen“ mathematischer Lehren, namentlich in technischer Richtung, auf der andern Seite feststellen können. Wohl besitzen wir seit bald hundert Jahren in Deutschland ein „Journal für die reine und angewandte Mathematik“, aber wer etwa die letzten fünfzig Bände dieser mit Recht sehr angesehenen Zeitschrift durchsieht, wird darin den eindeutigen Ausdruck rein theoretischer Forschung und gewiß keine Spur von den „angewandten“ Dingen finden, die beispielsweise in den Berichten der Pariser Akademie unmittelbar neben der Wiedergabe abstraktester Forschungsergebnisse dauernd ihren Platz behaupten. Einen gewissen Ausgleich herzustellen hat sich einige Jahrzehnte hindurch, hauptsächlich unter dem Einfluß der von Felix Klein geleiteten Göttinger Bewegung, die „Zeitschrift für Mathematik und Physik“ bemüht: Sie konnte aber nie den rechten Anschluß an den Kreis der wissenschaftlich arbeitenden Techniker finden. Nun hat der Verein deutscher Ingenieure, die umfassende Organisation von mehr als zwanzigtausend deutschen Technikern, mit dem satzungsmäßigen Ziel eines „innigen Zusammenwirkens der geistigen Kräfte deutscher Technik“, den Entschluß gefaßt, eine Zeitschrift herauszugeben, die alle Teile der angewandten

Mathematik, in erster Linie die technische Mechanik und alle jene Wissenszweige pflegen soll, die zu den theoretischen Grundlagen der Technik gehören. Die wissenschaftliche Leitung der Zeitschrift liegt in den Händen des Vertreters der angewandten Mathematik an der Berliner Universität, Professor Dr. R. v. Mises, dem eine Reihe namhafter Fachleute der verschiedenen in Frage kommenden Fachgebiete zur Seite steht, A. Föppl (München), Mollier (Dresden), Prandtl (Göttingen) und Hamel, Müller-Breslau, Rüdenberg (Berlin). Das erste, fünf Bogen starke Heft der Zeitschrift, die in sehr gefälliger äußerer Form auftritt, ist soeben erschienen; ihm sollen die weiteren in regelmäßigen Abständen von je zwei Monaten folgen, so daß der Jahresband sechs Hefte im Gesamtumfang von etwa dreißig Bogen umfassen wird¹⁾. Die sachlichen Ziele des neuen Unternehmens werden in einem längeren programmatischen Einführungsaufsatz von v. Mises dargelegt: Auf einen Versuch, den Begriff der „angewandten Mathematik“ nach außen und innen abzugrenzen, folgt ein flüchtiger Gang durch die wichtigsten Problemgruppen der praktischen Analysis, Geometrie und Mechanik. Als ersten Hauptaufsatz bringt das Heft eine bedeutende Arbeit von Prandtl, dem es hier zum erstenmal gelungen ist, die Ansätze der Mechanik plastisch deformabler Körper bis zu praktisch verwertbaren Ergebnissen zu führen. In dem daran anschließenden Versuchsbericht von Nádai erfahren die Prandtl'schen Schlußfolgerungen ihre experimentelle Bestätigung. Ernst Pohlhausen gibt in seiner Rostocker Habilitationsschrift ein schönes zeichnerisches Verfahren zur Berechnung der Eigenschwingungen von Fachwerkträgern und erläutert es an einem auf vier Tafeln durchgeführten Beispiel. In die theoretische Elektrotechnik greift der Aufsatz von L. Lichtenstein (Über ein Problem der Stromleitung) hinüber. Es folgen noch zwei „Zusammenfassende Berichte“, der eine, ausführlichere, von J. Ratzendorfer über Probleme der Flugzeugstatik, der andere, sehr anregend geschriebene, von L. Bieberbach über neue Lehrbücher der praktischen Analysis. Hierauf werden in „kurzen Auszügen“ eine größere Zahl von neueren Arbeiten aus dem Gebiet der Hydraulik und Hydromechanik sachlich referiert. Neben zwei Buchbesprechungen und einigen aktuellen Nachrichten enthält das Heft auch drei „Kleine Mitteilungen“, von denen die über „Steuertarif und Ausgleichsrechnung“ und die über das „Studium der angewandten Mathematik und die Reformbestrebungen an den technischen Hochschulen“ gewiß einen weiteren Leserkreis interessieren dürften. Jedenfalls läßt der reiche und vielseitige Inhalt des ersten Heftes die Hoffnung berechtigt erscheinen, daß die neue Zeitschrift ihrem hochgesteckten Ziele nahekommen wird, den Interessen der deutschen Technik und nicht minder dem Fortschritt der technischen Wissenschaft mit Erfolg zu dienen.

R. v. Mises, Berlin.

Ludwig Boltzmanns Vorlesungen über die Prinzipie der Mechanik. Dritter Teil, Elastizitätstheorie und Hydromechanik. Herausgegeben von Dr. Hugo Buchholz. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1920. XIII, S. 609—820. Preis M. 18,— + Teuerungszuschlag.

In der darstellenden Kunst sind wir Fanatiker des „Echten“. Gemälde und Plastik haben doppelten Wert,

¹⁾ Der Preis von 50 M. (für die Mitglieder des Vereins deutscher Ingenieure oder der Deutschen Mathematiker-Vereinigung 40 M.) für den Jahresband muß als ein außerordentlich niedriger bezeichnet werden.

wenn zu dem inneren Werte noch die Sicherheit hinzutritt, daß die Linienzüge und Formen die Spuren der Hand eines großen Meisters tragen. Dasselbe Bestreben nach der „Echtheit“ des Werkes verpflichtet auch bei Wiedergabe einer Dichtung jedes Wort so zu lassen, wie es der Dichter gewollt hat. Dürfen wir diesen Maßstab auch an hinterlassene Werke großer Gelehrten anlegen?

Ich denke: nein oder wenigstens nicht ohne Einschränkung. Es gibt wohl dem Werke doppelten Wert, wenn es dem Autor gegönnt war, dem Buch durch eine vollendete Formgebung das persönliche Gepräge aufzudrücken, doch dürfen wir auch Nachbearbeitungen, wenn sie richtig sind und die Denkungsart und Gedankengänge des betreffenden Meisters der Wissenschaft widerspiegeln, nicht ablehnen, auch dann nicht, wenn man kaum mehr zu entscheiden vermag, was im Sinne des Kunstkenner als „echt“ und was als „Schule“ zu gelten hat.

Man wird somit auch den dritten Band der Boltzmannschen Vorlesungen über *Mechanik* als Abschluß der beiden früheren Bände dankbar aufnehmen, obwohl er an Originalität — und zwar nicht nur was Stil, sondern auch was Inhalt anbelangt — hinter den beiden früheren Bänden zurücksteht. Der jetzt vorliegende dritte Band, den Dr. H. Buchholz trotz vieler Hindernisse mit anerkanntem Eifer herausgegeben hat, umfaßt die Anwendungen des Potentialbegriffes in der Mechanik der Kontinua: auf die Theorie der elastischen Körper und der Flüssigkeiten.

Der Inhalt ist lediglich auf Grund von Aufschreibungen des Herausgebers nach Universitätsvorlesungen Boltzmanns zusammengestellt. Dementsprechend — es handelt sich offenbar um eine sogenannte Kursusvorlesung für mittlere Semester — ist das Thema ziemlich ausführlich, lehrbuchgemäß behandelt. Der Herausgeber hat sich bemüht, die geometrischen und physikalischen Grundlagen mit Ausführlichkeit leicht verständlich darzustellen. Insbesondere zu begrüßen sind die zahlreichen, deutlichen Figuren, die gewissermaßen an die Tafelzeichnungen erinnern, welche kein Lehrer in der Vorlesung zu bringen versäumen würde, und die doch, wenn derselbe Gelehrte ein Lehrbuch schreibt, zum Schaden der Leichtverständlichkeit nur zu oft unter den Tisch fallen.

Dem Inhalte nach werden folgende Gegenstände behandelt: Grundlagen der Mechanik eines elastischen Kontinuums, Diskussion des Deformations- und Spannungszustandes, Gleichgewichts- und Bewegungsgleichungen elastischer Medien, elastische Wellen, das elastische Potential für isotrope und anisotrope Medien, Anschluß an das Hamiltonsche Prinzip; Grundlagen der Mechanik der Flüssigkeiten, das Geschwindigkeitspotential, ausführliche Behandlung der Oberflächenwellen und der Wellen in einer kompressiblen Flüssigkeit; Wirbelbewegung, Helmholtzsche Wirbeltheorie.

Im allgemeinen, wenn auch das Buch, wie bereits erwähnt wurde, weniger an Ursprünglichkeit bietet als die meisten Werke, welche wir sonst von Boltzmann besitzen, bildet es, ganz abgesehen von Gesichtspunkten der Pietät, eine wünschenswerte Ergänzung unserer Lehrbuchliteratur und wird sicherlich von Studenten und Lehrern mit großem Nutzen gelesen werden.

Th. von Kármán, Aachen.

Strömgren, Ellis, Astronomiska Miniaturer. Stockholm, Wahlström und Widstrand, 1921. Preis 2 Kronen 75 Öre.

Der um die astronomische Forschung wie um die

Aufrechterhaltung und Wiederanknüpfung der wissenschaftlichen Beziehungen zwischen den Völkern gleichverdiente Direktor der Kopenhagener Sternwarte, Professor *Elis Strömberg*, gibt eine kleine Sammlung von astronomischen Aufsätzen unter dem Titel „Astronomiska Miniaturer“ heraus, welche teils neu verfaßt, teils im wesentlichen aus der von ihm zu neuem Leben erweckten mustergültigen populären Nordisk Astronomisk Tidsskrift entnommen sind. In allgemeinverständlicher Form gehalten, behandeln sie die wichtigsten oder gegenwärtig aktuellsten Probleme der Astronomie. Ich nenne die Themen der einzelnen Aufsätze: Des Menschen Stellung im Weltall. Die Kometen, ihre Bahnen, ihre Beschaffenheit und ihr Ursprung. Die Sonne. Ein Kapitel aus dem Kalender; Bestimmung der Wochentage (Eine kleine Rechenaufgabe). Die Fundamentalbegriffe der modernen Stellarastrophysik. Michelsons Methode zur Bestimmung sehr kleiner Winkel an der Himmelssphäre. Scylla und Charybdis; ein Kapitel über das Problem der Sternentwicklung. Es ist sehr zu bedauern, daß die Kenntnis der schwedischen Sprache in den interessierten Kreisen nicht so häufig ist, um dem anmutigen Werkchen eine weitere Verbreitung im deutschen Sprachgebiet zu ermöglichen.

Bei dieser Gelegenheit möge erwähnt werden, daß von der Nordisk Astronomisk Tidsskrift soeben das erste Heft des zweiten Jahrganges (Neue Reihe) erschienen ist, das wiederum eine Anzahl interessanter gemeinverständlicher Aufsätze und Mitteilungen enthält, die auch dem Fachastronomen manche Anregungen bieten. Diese Zeitschrift ist dem, der die dänische und die schwedische Sprache hinreichend beherrscht und sich auf bequeme Weise über die Fortschritte der astronomischen Forschung unterrichten will, warm zu empfehlen. Schriftleiter sind Prof. *Strömberg*, Magister *Julie M. Vinter Hansen* (Kopenhagen [Geschäftsstelle]), Professor *R. Furuhjelm* (Helsingfors), Professor *J. Fr. Schroeter* (Kristiania) und Professor *Östen Bergstrand* (Upsala).

P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.

Diels, Hermann, Antike Technik. Zweite, erweiterte Auflage. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1920. VIII, 243 S., 78 Abbildungen, 18 Tafeln und 1 Titelbild. Preis geh. M. 9,—, geb. M. 11,— und Teuerungszuschläge.

Die sechs Vorträge der ersten Auflage, die im Jahre 1914 erschienen und in dieser Zeitschrift (1915, 643) ausführlich angezeigt wurde, sind in die neue Auflage im wesentlichen unverändert wieder aufgenommen worden. Hinzugefügt wurde eine siebente Vorlesung, deren Gegenstand, die antike Uhr, nicht fehlen durfte, wenn die höchste Leistung der antiken Technik in dem Buche nicht unerwähnt bleiben sollte. Gilt doch von alters her die Uhrmacherkunst als die feinste Blüte der Technik. Und der Leser wird den Eindruck gewinnen, daß auch das Altertum in der Herstellung der Uhren den damaligen Bedürfnissen der Zeitmessung vollauf gerecht geworden ist. Sehr groß waren diese Bedürfnisse bei der Gemächlichkeit, mit der sich früher das private wie das geschäftliche Leben abspielte, freilich nicht, hat sich doch die roheste Methode der Zeitmessung, durch Abschreiten der eigenen Schattenlänge die Tageszeit zu ermitteln, bei der Landbevölkerung bis ins Mittelalter erhalten.

Erst als *Anaximander* im 6. Jahrhundert den Gnomon aus Babylon dem hellenischen Kulturkreise zuführte, konnte von einem Beginn der Zeitmessung ge-

sprochen werden. Mit dem Gnomon, einem senkrechten Pfahl oder Stift, dessen Schattenlänge beobachtet wurde, war die genauere Festlegung der Mittagslinie und der Jahreszeiten ermöglicht, und die Zufügung des Netzwerks, das die Schattenlänge für die verschiedenen Tagesstunden und Jahreszeiten verzeichnete, ergab den Grundtyp der Sonnenuhr. Die antiken Techniker hatten bei der Herstellung des Netzes im Gegensatz zu dem der heute gebräuchlichen Sonnenuhren auch auf die verschiedenen Jahreszeiten Rücksicht zu nehmen, da der Tag von Morgen bis Abend stets in 12 gleiche Teile, die Temporalstunden, eingeteilt war, die also im Laufe des Jahres ständig ihre Länge änderten. Der Verfasser führt eine ganze Reihe von Sonnenuhren der verschiedensten Typen in Wort und Bild vor, die die vielseitige Verwendung, auch auf Reisen, trefflich beleuchten.

Technisch noch interessanter sind die Wasseruhren, die in einfachster Form — ein Gefäß mit feiner Öffnung zum Abfließen des Wassers — schon im 5. Jahrhundert weit verbreitet gewesen sind. *Aristophanes* erwähnt sie bereits als unentbehrliches Instrument bei Gerichtssitzungen, bei denen sie den streitenden Parteien die Redezeit zumaßen. Nach dem Wertobjekte des Prozesses wurde die Wassermenge der Uhr bemessen, bei 5000 Drachmen betrug sie z. B. 10 Kannen zu 3,24 Liter. Eine kunstvollere Uhr, die weitergehende wissenschaftliche Erfahrungen voraussetzte, konstruierte *Platon* für seine Akademie, wo sie als Weckeruhr für seine Schüler diente. Sie bildete das Vorbild für *Ktesibios'* Wasserorgel. Dieser hervorragende Ingenieur des Altertums bildete auch andere Typen der Wasseruhr aus, indem er einen Schwimmer von der in das Wassergefäß einlaufenden Flüssigkeitsmenge heben und auf einer Skala die Temporalstunden anzeigen ließ. Auch Zeigeruhren werden erwähnt, wo als Schwimmer eine Zahnstange dient, die das Zahnrad eines Zeigers auf einem dem unsrigen gleichen Zifferblatt in Rotation versetzt. Erhalten ist von allen diesen Uhren fast nichts, nur zwei hervorragende Stücke dieser Gattung, die astronomische Uhr von Salzburg und die Heraklesuhr von Gaza sind soweit kenntlich, daß die Rekonstruktion dieser Kunstwerke versucht werden konnte. Mit der Schilderung dieser beiden Typen und einer kurzen Übersicht über die Entwicklung des Kunstuhrenbaues im Mittelalter bis zur Errichtung der Straßburger Münsteruhr schließt der Verfasser seine lesenswerten Darlegungen.

R. Prager, Berlin-Neubabelsberg.

Jacob, Heinrich Eduard, Die Physiker von Syrakus. Berlin, Ernst Rowohlt, 1920. 107 S. Preis geh. M. 14,—, geb. M. 20,—.

In der literarischen Form eines Dialogs zwischen zwei antiken Physikern, *Archimedes* und seinem Vetter *Geiton*, behandelt *Jacob* ein Problem, das für die heutige Naturwissenschaft von tiefliedender Bedeutung ist. Soll die Wissenschaft in erster Linie dem eigenen Volk oder soll sie ihrem Wesen nach der ganzen Menschheit dienen? Ist die Wissenschaft Selbstzweck oder braucht sie einen Zusammenhang mit den allgemeinen Bedürfnissen? Arbeitet der Erfinder, um damit Geld zu verdienen, oder weil er seinem schöpferischen Impuls folgen muß?

Es mag interessieren, welche Antwort *Bertrand Russell* in seinem neuerlich erschienenen Buch „Wege zur Freiheit“⁴⁾ auf diese Fragen gegeben hat: „Das

⁴⁾ Erscheint demnächst bei der Deutschen Verlagsanstalt für Politik u. Geschichte, Berlin.

geistige Leben ist nur dann völlig gesund, wenn es irgendeinen, wenn auch sehr tief liegenden instinktiven Zusammenhang mit dem Leben der Allgemeinheit hat. Nehmen wir der Wissenschaft diesen sozialen Instinkt, so wird sie geckenhaft und aufgeputzt.“ An anderer Stelle schreibt er: „Wir müssen uns darüber klar werden, obwohl wir es uns in unserer händlerischen Welt schwer vorstellen können, daß der wirklich gute Teil der geistig schöpferischen Tätigkeit sich durch Bezahlung auf keine Weise hervorbringen läßt. Wichtig ist vielmehr ausschließlich die günstige Gelegenheit und eine geistig anregende Umgebung. Sind sie vorhanden, so braucht man keinen finanziellen Anreiz, fehlen sie, so sind materielle Vergütungen nutzlos.“

Solche Antworten gibt auch die Schrift von *Jacob*. In altentümlichem Stil setzen sich *Archimedes* und sein pazifistischer Vetter bei einem Symposium auseinander. Als Ausgangspunkt dient ein Fernrohr, das *Jacob* den *Geiton* erfinden läßt. Dieses und die Entdeckung der Lage des Brennpunktes wird von den beiden Seiten nach der menschlichen und der kriegerischen Brauchbarkeit gewertet. Die kriegerische Partei siegt. Ein junger Mann verwendet das Fernrohr zum erstenmal, um eine Taube zu erlegen. Triumph des kriegerischen *Archimedes*!

E. J. Gumbel, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Messungen der Wellenhöhe auf dem Meere. Die Dimensionen einer Welle werden angegeben durch die Wellenhöhe, d. i. der Abstand des höchsten vom tiefsten Punkte einer Welle, die Wellenlänge, d. i. die Entfernung von einem Wellenkamm bis zum nächsten und die Wellenperiode, d. i. die Zeit zwischen dem Vorübergang zweier Wellenkämme an einem festen Punkte. Während die Messung der Wellenlänge und -periode verhältnismäßig leicht auszuführen ist, bereitet die Bestimmung der Wellenhöhe große Schwierigkeiten. Bei Schätzung großer Wellenhöhen ist der Beobachter leicht beträchtlichen Irrtümern ausgesetzt, da das Schiffsdeck selbst während der Ausführung der Beobachtungen keine horizontale Lage behält und sich, wie die Figur zeigt, leicht viel zu große Wellenhöhen



ergeben. So sind wohl die großen gelegentlich angegebenen Wellenhöhen von 30 m und mehr zu erklären. Mit zuverlässigeren Methoden hat man festgestellt, daß die größten vorkommenden Wellenhöhen weit geringer sind. Neben anderen Methoden hat man auch den Weg eingeschlagen, die Wellenhöhe mittels des Barometers zu messen, und zwar mit dem Aneroid, weil beim Quecksilberbarometer das „Pumpen“ die Messung unmöglich macht. Der Höhenunterschied, der einer Luftdruckänderung von 0,1 mm entspricht, beträgt bei 780 mm Luftdruck 1,03 m, bei 740 mm 1,08 m, schwankt also etwas. Ungenau wird das Messungsergebnis etwas durch die elastische Nachwirkung des Aneroids sowie durch die bei stürmischer Luftbewe-

gung auftretenden kurzperiodischen Luftdruckschwankungen, endlich dadurch, daß das Schiff nicht immer bis zur gleichen Linie ins Wasser taucht, vielmehr infolge der Trägheit auf dem Wellenberge sich etwas hebt und im Wellentale tiefer als bis zur mittleren Eintauchtiefe einsinkt. Trotzdem hat man mit dieser zuerst von *G. Neumayer* angegebenen Methode gute Ergebnisse erzielt. *G. Schott* maß so Höhen bis zu 10 m bei Windstärken von 10 Beaufort, während die geschätzte Wellenhöhe im gleichen Falle 12 m betrug. *J. Richard* und *Krümmel* schlugen vor, diese Methode durch Benutzung eines Registrierbarographen zu verbessern. *M. J. Rough* hat nun auf der Fahrt des „Pourquoi pas?“ 1908/10 Messungen mit einem für die Wellenhöhenmessungen besonders konstruierten Barographen durchgeführt (vgl. *M. J. Rough*, *Mesure de la hauteur des vagues de la mer à l'aide du statoscope*. Bull. de l'Institut Océanographique Nr. 373, Monaco 1920, vgl. auch *Annalen der Hydrographie* usw. 1921, S. 68 f.). Bei dem benutzten Apparat gab eine Luftdruckänderung von 1 mm einen Ausschlag von 25 mm, so daß einer Höhenänderung von etwa $\frac{1}{2}$ m auf der gezeichneten Kurve ein Ausschlag von 1 mm entsprach. Die Größe und Umlaufgeschwindigkeit der Registriertrommel waren so gewählt, daß die Aufzeichnungen einer Minute auf 5 mm auseinandergezogen wurden. Um den Einfluß des Schlingerns und Stampfens möglichst klein zu halten, wurde der Apparat in der Mitte des Schiffes aufgestellt. Durch Versuche an Land wurde festgestellt, daß die bei größerer Windstärke störenden kurzperiodischen Luftdruckschwankungen sich bei den Registrierkurven erst bei Windstärken über 5 Beaufort störend bemerkbar machten. Alle Aufzeichnungen des Barographen bei Windstärken über 5 Beaufort wurden deshalb ausgeschieden. Die größte Wellenhöhe bei Windstärken bis 5 Beaufort war 11 m und wurde am 28. I. 10 im Südlichen Stillen Ozean in 55° S. Br. 98° W. Lg. festgestellt. Mit dieser einen Ausnahme waren die Wellenhöhen bei diesen Windstärken aber stets geringer, höchstens etwa halb so groß. Andererseits wurden auch beim schlechtesten Wetter während der ganzen Fahrt niemals Aufzeichnungen mit größeren Ausschlägen als am 28. I. 10 beobachtet, so daß, wenn auch nicht alle Registrierungen quantitativ auswertbar waren, sich doch sagen läßt, daß Wellen über 10 m Höhe im Atlantischen Ozean und in den der Antarktis benachbarten Meeren sehr selten sind und diese Messungen eine Bestätigung der bisherigen Beobachtungen sind, nach denen Wellen von 12 m Höhe nur in Ausnahmefällen vorkommen und Angaben größerer Höhen anzuzweifeln sind.

Bruno Schulz.

Erzeugung von Schallwellen unter Wasser (Engineering vom 29. Oktober 1920). *Stoney* und *Petric* haben während des Krieges in England Versuche angestellt, um einen Apparat zur Erzeugung von Schallwellen unter Wasser (offenbar zum Zwecke des Signalisierens) zu entwickeln. Sie hatten sich von vornherein das eng begrenzte Ziel gesteckt, den Apparat so zu bauen, daß er mit Dampf betrieben werden kann. Der Grund dieser Beschränkung, die dem Fachmann einigermaßen seltsam erscheint, ist aus dem Aufsatz im Engineering nicht ersichtlich.

Die Versuche teilen sich in zwei Gruppen, solche im Laboratorium und solche an Bord von Schiffen. Im Laboratorium ging man davon aus, zunächst eine gewöhnliche Dampfpeife unter Wasser zu betreiben. Ein Erfolg ergab sich hierbei nicht. Als man die Dampf-

pfife in ein geschlossenes Rohr unter Wasser steckte, welches an einem Ende durch eine Membrane mit einem Loch in der Mitte geschlossen war, ergaben sich Töne, die die Verfasser selber mit dem Muhlaut einer Kuh vergleichen, wonach sie alsdann den Apparat benannten. Bessere Resultate ergaben sich, als man die Pfeife durch ein einfaches Dampfrohr ersetzte, dessen Austrittsöffnung einer Metallplatte gegenüberstand. Hierbei wurde ein klarer aber schwacher Ton von ca. 400 Perioden in der Sekunde erzielt. Wenn man die Membrane mitten gegenüber der Austrittsöffnung des Dampfstrahls mit einem Loch versah, wurde der Ton besser, blieb aber noch sehr schwach. Erst als man dazu überging, die Platte in Knotenpunkten zu lagern, ergab sich eine wesentliche Erhöhung der Lautstärke. Die Verfasser erklären dies dadurch, daß durch diese Lagerung die schädliche Dämpfung der Apparatur ganz wesentlich herabgesetzt wird.

Mit einem Schallapparat dieser Art wurden Versuche an Bord von Schiffen angestellt, wobei sich Reichweiten der Töne je nach der Beschaffenheit des Wassers, des Meeresbodens und des Wetters, von 2 bis 12 Seemeilen ergaben. Die durchschnittliche Reichweite war 2 bis 4 Seemeilen. Über die Dimensionen des Apparates werden folgende Angaben gemacht. Das Dampfaustrittsrohr hatte $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Die gegenübergestellte Stahlplatte hatte einen Durchmesser von $11\frac{1}{4}$ Zoll bei $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke. Das Loch gegenüber dem Dampfrohr hatte einen Durchmesser von $\frac{1}{4}$ Zoll und der Abstand des Rohres von der Platte betrug $\frac{3}{8}$ Zoll. Der Dampfdruck betrug etwa 70 englische Pfund pro Quadratzoll (5 kg pro cm²). Dieser Apparat gab einen Ton von 880 Perioden.

Der physikalische Vorgang der Schallbildung ist nach Angabe der Verfasser etwa folgendermaßen zu denken: Der austretende Dampfstrahl stößt sich an der Stahlplatte und breitet sich pilzartig an ihr aus. Infolge der guten Wärmeleitung der Stahlplatte kondensiert der Dampf an ihr zuerst, so daß die Pilzhaube sich von ihr absnürt. Sie wird durch das nachstürzende Wasser in der Richtung nach dem Dampfrohr zurückgedrängt, verkleinert sich hierbei und legt sich um die Öffnung des Dampfrohres fest, wo schließlich die völlige Kondensation stattfindet. Das bei diesem Vorgang gegen das Dampfrohr bewegte Wasser drosselt den Dampfaustritt, so daß der Druck an der Mündung ansteigt und das Austreten eines neuen Dampfstrahls verursacht, bei dem sich dann derselbe Vorgang wiederholt. Die Verfasser stellen fest, daß der Ton um so höher wird,

- a) je kleiner der Druck,
- b) je enger das Dampfrohr,
- c) je größer der Abstand des Dampfrohres von der Platte.

Abmessungen und Material sind ohne Einfluß auf die Frequenz, woraus zu schließen ist, daß es sich um ein rein thermisches Phänomen handelt und nicht um einen Schwingungsvorgang eines festen Körpers, wie etwa der Stahlplatte.

Apparate dieser Art scheinen sich nicht eingebürgert zu haben. Den Grund dafür kann man wohl hauptsächlich in der starken Zerstörung der Platte finden, die durch die zerplatzenden Dampfbläschen erzeugt wird. Die Verfasser geben an, daß Bronzeplatten nach

dreistündigem Betrieb unbrauchbar geworden waren. Sie haben ihre Versuche schließlich mit besonderen Stahlplatten ausgeführt, deren Lebensdauer aber anscheinend ebenfalls nicht befriedigte. Eine praktische Bedeutung scheint demnach dem Apparat nicht zuzukommen.

W. Hahnemann.

Die Bewegungen der Sinnpflanze haben schon seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Pflanzenphysiologen auf sich gezogen. Es ist bekannt, daß der Reiz, der durch Stoßen, Brennen und Anschneiden verursacht wird, von Blatt zu Blatt über weite Strecken geleitet werden kann. Über den Mechanismus dieses Vorgangs ist viel diskutiert worden. Im allgemeinen hat sich die Auffassung durchgesetzt, daß es sich hier um die Weitergabe eines hydrostatischen Druckes handelt, die nach *Haberlandt in der Rinde*, und zwar in den sogenannten Schlauchzellen stattfinden soll. Diese Ansicht hat durch die neuen interessanten Versuche *Ricca's* (*Ricca*, La propagation de stimulus dans la Sensitive. Archives Italiennes de Biologie 15, 1916) an Wahrscheinlichkeit eingebüßt. Zunächst konnte *Ricca* dartun, daß der Reiz auch in völlig *entrindeten* Stengelstücken geleitet wird. Diese Leitung erleidet keine Störung, wenn eine Gewebebrücke durch stundenlanges Erwärmen auf 150° abgetötet wird. Die abgetötete Strecke kann dabei 15 cm erreichen. Ja noch mehr: Schneidet man die Spitze der Pflanze ab und verbindet Spitze und Stumpf mit einer wassergefüllten Glasröhre, dann kann trotzdem ein Reiz von der Basis durch das Wasser in die Spitze gelangen und dort ein Zusammenklappen der Blätter bewirken. Dabei beobachtete nun *Ricca*, daß nach der Reizung an der Schnittfläche des Stumpfes eine grüne Flüssigkeit erscheint, die sich in dem Wasser der Glasröhre ausbreitet und, wenn die Wassermenge nicht zu groß ist, bis zur Schnittfläche des Spitzenstückes gelangt und dann in den Holzzylinder eintritt. Bloß, wenn dieser Zustand erreicht wird, und zeitlich damit zusammenfallend findet eine Reaktion in den Blättern des Spitzenstückes statt. *Ricca* nimmt an, daß die Übertragung dieses Stoffes, der von dem Wasserstrom mitgerissen wird, das Wesentliche ist bei der Reizübertragung. Für diese Deutung läßt sich folgendes geltend machen: Taucht man möglichst viele Schnitte von *Mimosa*, die natürlich den mutmaßlichen Wundreizstoff enthalten müssen, in Wasser, und stellt man einen Stengel von *Mimosa* hinein, dann erfolgt prompt ein Zusammenklappen der Blätter, wie wenn die Pflanze normal gereizt worden wäre. Man kann also das wirksame Agens extrahieren. Anscheinend handelt es sich also hier um einen Stoff, der den Hormonen des Tierreichs anzureihen wäre. Auch gewöhnliche Stoßreize rufen offenbar entsprechende Hormonbildung hervor. Wichtig ist, daß die Wirkung anscheinend nicht spezifisch ist, denn *Ricca* vermochte *Mimosa* auch durch Wundextrakte der einer anderen Pflanzenordnung zugehörigen Gattung *Combretum* zu den charakteristischen Bewegungen zu veranlassen. Die Versuche *Ricca's* bilden eine sehr erfreuliche Ergänzung zu den Erfahrungen, die neuerdings von *Paál* für den Phototropismus und von *Stark* über den Haptotropismus und Traumatotropismus gewonnen worden sind. Auch hier scheinen analoge Reizstoffe eine maßgebende Rolle zu spielen.

Peter Stark.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 17. (Seite 273—288)

29. April 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Treue Darstellung und Verzeichnung bei optischen Instrumenten. Von *H. Boegehold*, Jena. (Mit 6 Figuren.) S. 273.

Die Geologie der Torfmoore. Von *Hans Höfer-Heimholt*, Wien. (Mit 1 Abbildung.) (Schluß.) S. 280.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Verdunstung auf dem Meere. S. 285.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten: S. 285-288
Untersuchungen zur kausalen Analyse der Zellteilung. Über lichtkatalytische Vorgänge von physiologischer Bedeutung. Die Frage nach der Möglichkeit einer experimentellen Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. Die Bedeutung der atypischen Spermatozoen. Die Spermatogenese eines parthenogenetischen Frosches. Die chemische Konstitution der Zellulose.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von den Herausgebern der „Naturwissenschaften“

Arnold Berliner und **August Pütter**

Vor kurzem erschien:

Band II:

Die binokularen Instrumente

Nach Quellen und bis zum Ausgang von 1910 bearbeitet

Von

Moritz von Rohr

Dr. phil., wissenschaftlichem Mitarbeiter der optischen Werkstätte von Carl Zeiss in Jena und a. o. Professor an der Universität Jena

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 136 Textabbildungen

Preis M. 40.—; gebunden M. 47.60

Vorzugspreis für Abonnenten der „Naturwissenschaften“ M. 36.—; gebunden M. 43.60

Hierzu Teuerungszuschlag

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Zeile angenommen.

Bei jährlich $\frac{6}{10}$ $\frac{13}{90}$ $\frac{25}{30}$ $\frac{50}{400/0}$ mäßiger Wiederholung Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Naturw. Museum

in rheinischer Großstadt sucht jüngeren

Präparator

Eingehende Angebote mit Gehaltsansprüchen unter **Nw. 244** an die Geschäftsstelle dieser Zeitschrift.

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Theorie und Geschichte des photographischen Objekts. Nach Quellen bearbeitet von Dr. phil. M. von Rohr (Jena). Mit 148 Textfiguren und 4 lithographierten Tafeln. 1899. Preis M. 12.—

Die Theorie der optischen Instrumente. Bearbeitet von wissenschaftl. Mitarbeitern an der optischen Werkstätte von Carl Zeiß. I. Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik. Herausgegeben von Dr. phil. M. von Rohr (Jena). Mit 133 Abbildungen im Text. 1904. Preis M. 18.—

Die Brille als optisches Instrument. Von M. von Rohr, Professor in Jena. Mit 112 Textfiguren. (Aus Graefe-Saemisch, „Handbuch der gesamten Augenheilkunde“, Dritte Auflage.) Unter der Presse

Zeitschrift für ophthalmologische Optik mit Einschluß der Instrumentenkunde unter ständiger Mitwirkung hervorragender Fachleute herausgegeben von Priv.-Doz. Dr. H. Erggelet (Jena), Geh. Med.-Rat Prof. Dr. R. Greeff (Berlin), Dr. E. H. Oppenheimer (Berlin) und Prof. Dr. M. von Rohr (Jena). Jährlich 6 Hefte. Preis für den Jahrgang M. 64.—

Hierzu Teuerungszuschläge

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

29. April 1921.

Heft 17.

Treue Darstellung und Verzeichnung bei optischen Instrumenten.

Von H. Boegehold, Jena.

Man betrachte eine ebene Zeichnung mit einem Auge. Die senkrechte Entfernung sei e , der Abstand einzelner Punkte der Zeichnung vom Einfall des Lotes betrage y_1, y_2, \dots (Fig. 1.) Dann erscheint dieser Abstand dem Auge unter dem Winkel w_1, w_2 (der scheinbaren Größe), wobei

$$\operatorname{tg} w_1 = \frac{y_1}{e}, \operatorname{tg} w_2 = \frac{y_2}{e}, \dots$$

Die Winkel w wird man nur, wenn sie sehr klein sind, bei ruhendem Auge durch Größen auf der Netzhaut, sonst durch die Bewegung des Auges um seinen Drehpunkt empfinden (M. v. Rohr 4, 22–25¹⁾).

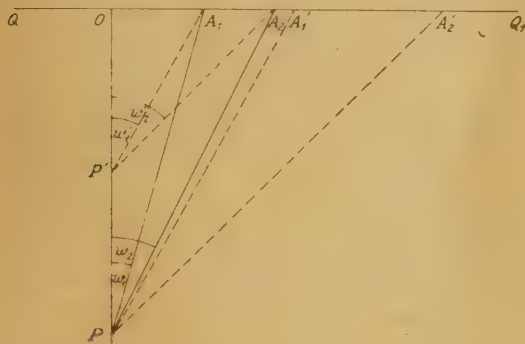


Fig. 1. Das Auge betrachte von P aus eine Zeichnung, deren Ebene zur Papierebene senkrecht stehe und diese in $QOA_1A_2Q_1$ schneide. $PO = e$ sei der senkrechte Abstand. A_1, A_2 seien zwei Punkte der Zeichnung; ihre Lage, mit O in einer Geraden, ist nur der Bequemlichkeit halber angenommen. Die Strecken $OA_1 = y_1, OA_2 = y_2$ erscheinen von P aus unter den Winkeln $OPA_1 = w_1$ und $OPA_2 = w_2$; wobei $\operatorname{tg} w_1 = y_1/e$; $\operatorname{tg} w_2 = y_2/e$ (Betrachtungen über die Vorzeichen der Winkel und Strecken sind in der ganzen Arbeit nicht nötig). Geht das Auge nach P' , wobei $P'O = e'$, so erhält man für die Sehwinkel $\operatorname{tg} OP'A_1 = \operatorname{tg} w_1' = y_1/e'$, $\operatorname{tg} OP'A_2 = \operatorname{tg} w_2' = y_2/e'$. Bleibt das Auge in P , betrachtet aber eine im Verhältnis e/e' vergrößerte Zeichnung, in der A_1', A_2' den Punkten A_1, A_2 entsprechen, so ist auch $OPA_1' = w_1', OPA_2' = w_2'$. (Angenommen ist $e/e' = 2$.)

Bei einer anderen Entfernung e' wird der Winkel kleiner oder größer:

$$\operatorname{tg} w_1' = \frac{y_1}{e'}, \operatorname{tg} w_2' = \frac{y_2}{e'}, \dots$$

Das nämliche kann man erreichen, wenn man,

¹⁾ Die kursivgedruckten Zahlen in den Anführungen beziehen sich auf das Quellenverzeichnis am Ende des Aufsatzes.

statt e zu ändern, die Figur, also y_1, y_2, \dots im Verhältnis $\frac{e}{e'}$ verändert. Endlich kann man sowohl e durch e' als auch die Zeichnung durch eine im Verhältnis β vergrößerte (verkleinerte) ersetzt denken, man hat dann:

$$\operatorname{tg} w_1' = \frac{\beta y_1}{e'}, \operatorname{tg} w_2' = \frac{\beta y_2}{e'}, \dots$$

und daher allgemein:

$$\frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} = \frac{\beta e}{e'} = \text{const.} \dots \dots \dots (1)$$

als Bedingung, daß man eine ähnliche Zeichnung des ersten Gegenstandes betrachtet, und ein bestimmter Punkt, der Ausgangspunkt der y , auf einer durch das Auge (den Augendrehpunkt) gehenden, zur verschobenen Ebene senkrechten

Linie liegt. Für $\beta = \frac{e'}{e}$ ist $w = w'$, und die beiden Zeichnungen machen auf das Auge den nämlichen Eindruck.

Man habe nun einen räumlichen Gegenstand oder auch eine Zeichnung auf einer krummen Fläche, und es sei dem Maler oder Architekten die Aufgabe gestellt, ihn auf einer Ebene treu darzustellen. Er wird sich von einem Punkte (dem Perspektivitätszentrum) Linien nach den Punkten des Gegenstandes gezeichnet denken und ihre Schnittpunkte mit der Darstellungsebene bestimmen. Betrachtet man die so entstandene Zeichnung vom Perspektivitätszentrum aus oder eine β -fach vergrößerte Zeichnung von β -facher Entfernung, so ist in leicht verständlicher Bezeichnung:

$$w'' = w.$$

Man hat daher eine ebene Figur, die den Gegenstand in bezug auf alle scheinbaren Größen vollständig vertritt. Kennt man die wirklichen Größen, so kann durch einen unwillkürlichen Schluß eine „plastische“ Vorstellung mit richtigem Tiefenverhältnis entstehen²⁾.

Geht man nun an die Zeichnung näher heran oder entfernt sich von ihr, so gilt offenbar die

²⁾ Vor wirklicher Verwechslung einer Zeichnung mit einem räumlichen Gegenstande mag den geübten Beobachter der fehlende Akkommodationsunterschied, noch mehr bei beidäugiger Betrachtung der fehlende stereoskopische Eindruck schützen, für den ungeübten ist das Mitherscheitern des Rahmens oder der sonstigen Umgebung des Bildes der Hauptschutz. Wird diese Störung durch geschickte Anordnung ausgeschaltet, so kann eine kunstvolle Zeichnung bei der Mehrzahl der Betrachtenden leicht die Täuschung eines Körpers hervorrufen. Bekannte Beispiele findet man in Berlin (Zoologischer Garten) und Fulda (Orangerie).

Gleichung (1), wenn man für w jetzt den Winkel bei Betrachtung des räumlichen Urbilds, für w' den Winkel bei Betrachtung der Zeichnung nimmt. Gleichung (1) ist also eine Beziehung, die eine richtige Nachbildung kennzeichnet und auch dann bestehen bleibt, wenn man diese aus den verschiedensten Entfernungen ansieht, nur darf man sie nicht im Vergleich zum Kopfe drehen.

Die Wiedergabe kann aber dann nicht die Stelle des räumlichen Urbildes vertreten. — Durch Annäherung oder Entfernung würden sich bei diesem nämlich nicht alle scheinbaren Größen in derselben Weise, sondern die der näheren Teile verhältnismäßig stärker ändern. — Infolge dieses Unterschiedes zwischen Gegenstand und Nachbildung erscheint die letztgenannte in unrichtiger (und aus psychologischen Gründen weniger lebhafter) Plastik (s. *M. v. Rohr* 4, 27). (Vgl. Fig. 2.)

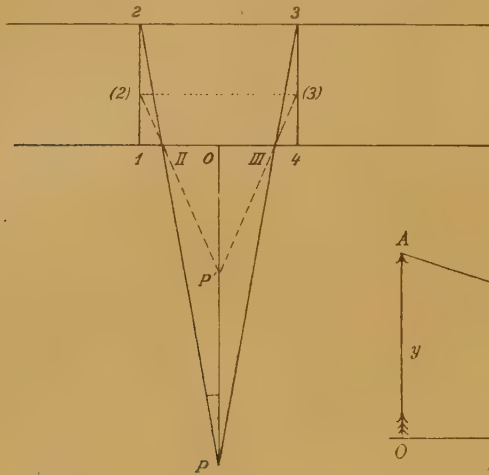


Fig. 2. Ein räumlich ausgedehnter Gegenstand, der die Ebene des Papiers in den Ecken des Rechtecks 1234 schneidet, ist von P aus auf die um $PO=e$ entfernte Ebene projiziert, um möglichst einfache Verhältnisse zu haben, möge 104 eine Gerade und $10=04$ sein. Den Punkten 2 und 3 entsprechen in der Projektion II und III. — Betrachtet man nach Fortnahme des Gegenstandes die so entstandene Zeichnung: von der Entfernung $PO=e$ aus oder eine β -fach vergrößerte von β -facher Entfernung, so ist z. B. $\angle 2PO = IIPO$, die Zeichnung vertritt also in bezug auf den Sehwinkel völlig den Gegenstand. — Geht man jedoch nach P' , so wird der Sehwinkel für die Betrachtung der Zeichnung sich nach Gl. (1) ändern, während beim Betrachten des räumlichen Gegenstandes ein anderes Gesetz gelten würde. Faßt man also die Zeichnung überhaupt plastisch auf, so muß man die Punkte 2, 3 in die Richtungen $P'II$, $P'III$ verlegen; wenn sich also das Vorstellungsvermögen beispielsweise an die anderweitig bekannte rechteckige Lage von 1234 hält, so wird die Auffassung eines viel flacheren Rechtecks 1 (2) (3) 4 entstehen.

Bei einem optischen Werkzeuge wird die Zeichnung nicht durch Zeichenstift oder Pinsel, sondern durch die Lichtstrahlen selbst hervorgebracht. — Bei der Lochkamera entsteht auf der Hinterwand eine Darstellung, indem jedem Punkte der Außenwelt ein kleines Lichtscheibchen entspricht, dessen Mitte auf der Verbindungslinie des dargestellten Punktes mit der Mitte des

Loches liegt. — So unvollkommen diese Wiedergabe vom optischen Standpunkte aus ist, leistet sie, was die Treue der Zeichnung angeht, alles zu verlangende, weil sie einfach durch perspektivische Darstellung entsteht, es gilt ohne weiteres die Gleichung (1) (s. Fig. 3). Betrachtet man eine gezeichnete oder photographierte durch die Lochkamera erhaltene Darstellung aus einer Entfernung, die gleich der Tiefe der Kammer ist, so stimmt auch die plastische Wirkung (Über die Lochkamera vgl. *O. Lummer* 1, 211—213).

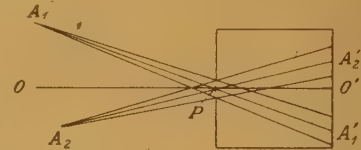


Fig. 3. Entstehung der Wiedergabe eines Gegenstandes durch eine Lochkamera. P Mitte des Lochs, $A_1'A_2'$ die Hinterwand. Den Punkten des Gegenstandes A_1, A_2 entsprechen Zerstreungskreise, deren Mittelpunkte auf A_1P, A_2P , in A_1', A_2' liegen. Man hat also eine perspektivische und, wenn der Gegenstand in einer zu $A_1'A_2'$ parallelen Ebene liegt, eine ähnliche Darstellung. $\angle OPA_1 = O'PA_1'$ usw. Bei Betrachtung der Darstellung von einem beliebigen, nicht gezeichneten Punkte P' gilt die Gleichung (1) für $OPA = w = O'PA', O'P'A' = w'$.

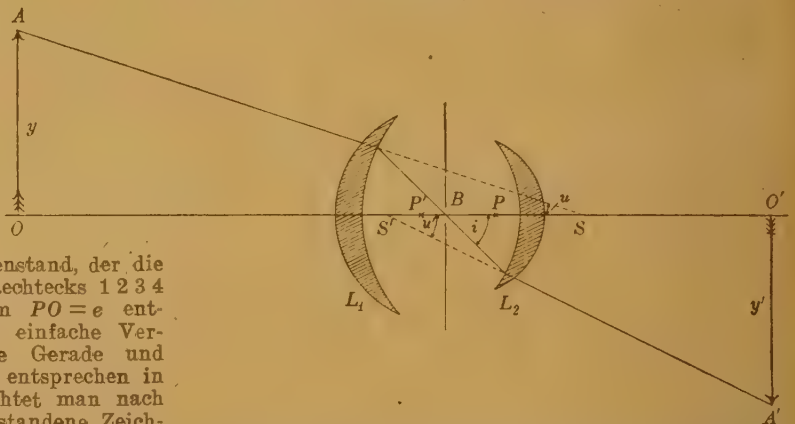


Fig. 4. (Nach *M. v. Rohr* 1, 272.) Die Bezeichnung dieser Figur weicht von der im Texte gebrauchten, gegenwärtig üblicheren, teilweise ab.) Wiedergabe einer ebenen Zeichnung, zu der die Punkte O, A gehören, durch eine Linsenfolge. $O'A'$ ist die Bildebene, die man durch Betrachtung des Strahlenlaufs in der Nähe der Achse erhält (die Gaußsche Bildebene), OO' die Achse. — B ist die Blende oder Linsenöffnung, die das Strahlenbündel am meisten beschränkt. — Die beiden vorher und nachher durchlaufenen Teile der Folge L_1 und L_2 sind durch Linsen angedeutet, bei einer Vorderblende fällt L_1 , bei einer Hinterblende fällt L_2 fort. — Der durch die Mitte von B gehende Hauptstrahl von A aus scheint vor der Brechung durch S , nach der Brechung durch S' zu gehen, die Bildebene schneidet er in A' . — Die Figur gibt ferner die Punkte P, P' an, in die für kleine Werte von $OA, O'A'$ die Punkte S, S' fallen würden; wäre die sphärische Abweichung gehoben, so würde $PS=0, P'S'=0$ sein. Im Texte sind dagegen statt S, S' die Bezeichnungen P, P' gewählt; ebenso sind die in der Figur u, u' genannten Winkel dort w und w' genannt. — Die Formeln im Text lassen sich aus der Figur ablesen. — Der Punkt W , der nach der Gaußschen Theorie A entspräche, ist nicht gezeichnet.

Nicht ohne weiteres hat man eine ähnliche Wiedergabe bei einem optischen Instrument, das auf der Erzeugung eines optischen Bildes beruht³⁾.

Es werde wieder ein ebener Gegenstand durch ein photographisches Objektiv auf der Platte oder durch einen Projektionsapparat (Zauberlaterne) auf einer weißen Wand dargestellt, als Darstellungsebene sei die achsensenkrechte Ebene gewählt, in der das Bild des Achsenpunktes der Dingebene liegt (Gaußsche Bildebene). (Fig. 4.) Alle Strahlen, die zur Wiedergabe eines Punktes A des Gegenstandes beitragen, müssen durch sämtliche Blenden und Öffnungen der Linsenfolge hindurchgehen. — Der Strahl, der durch die Mitte der Öffnung, die das Strahlenbündel am meisten einschränkt, geht, heißt Hauptstrahl, die Punkte P und P' , in denen er (unter Umständen verlängert) vor und nach dem Durchgang durch die Linsenfolge deren Achse schneidet, nennt man die Mitten der Eintritts- und Austrittspupille (s. *M. v. Rohr* 4, 6). Für den Achsenpunkt des Gegenstandes O fällt der Hauptstrahl mit der Achse zusammen. Von ihm hat man in der Darstellungsebene ein optisches Bild O' in dem in Anm. 3 angegebenen Sinne. — Für einen andern Punkt A wird im allgemeinen auf dem Hauptstrahle überhaupt kein Bild entstehen — dieser wird sich nur mit gewissen nahe benachbarten Strahlen in zwei verschiedenen Punkten, den sogenannten sagittalen und tangentialen Bildpunkten, schneiden. Ist aber auch durch Hebung dieses als Astigmatismus bezeichneten Fehlers eine Abbildung hergestellt, so wird sie doch nicht auf der Darstellungsebene aufgefangen, falls nicht auch noch die Krümmung des Bildes beseitigt ist. — Aus Stetigkeitsgründen wird freilich die Darstellung mindestens für ein gewisses Gebiet um die Achse immer schärfer sein als bei der Lochkamera. Aber diese Fragen der Güte der Wiedergabe — zu denen auch die Abbildung durch weitere Bündel, Hebung der sphärischen Abweichung gehört — kann man beiseite lassen, wenn man nur ihre Treue untersuchen will. Da die Lichtstrahlen tatsächlich in einer Ebene aufgefangen werden, kann kein Zweifel entstehen, daß man jedem Punkte A einen Punkt in dieser Ebene zuordnen muß, und zwar faßt man als diesen Punkt (Mittelpunkt der Zerstreuungsfigur) den auf, wo der Hauptstrahl AP nach

³⁾ In der Mathematik nennt man jede eindeutige Beziehung zwischen Raumelementen eine Abbildung, ein Bild. Auch die Darstellung eines ebenen Gegenstandes auf der Hinterwand der Lochkamera könnte daher diesen Namen führen. — In der Optik empfiehlt es sich wohl, nach dem Vorgange von *A. Gullstrand* (1), den Ausdruck nur dann zu gebrauchen, wenn wenigstens ein dünnes Bündel von Lichtstrahlen aus dem Dingpunkte (der Dinglinie) sich im Bildpunkte (der Bildlinie) vereinigt. — Für die bildartige Erscheinung in andern Fällen mag man lieber, mindestens wo Mißverständnisse möglich sind, allgemeinere Worte, wie „Darstellung“, „Wiedergabe“, unter Umständen auch „Projektion“ anwenden.

seiner Brechung ($P'A'$) die Ebene schneidet, es sei A' . Dieser durch ein von *A. Gullstrand* (1, 6) als optische Projektion bezeichnetes Verfahren abgeleitete Punkt stimmt nicht ohne weiteres mit dem Punkte \mathcal{U}' überein, der durch ähnliche Projektion entstehen würde und den die Gaußsche Abbildung gäbe. Es ist:

$$y' : y = O'A' : OA = P'O' \operatorname{tg} O'P'A' : PO \operatorname{tg} OPA \\ O'\mathcal{U}' : OA = \beta \quad (\beta \text{ lineare Vergrößerung eines kleinen Stücks}).$$

Bezeichnet man jetzt die Winkel an den Pupillen mit w, w' , so ist die Bedingung für eine ähnliche Abbildung:

$$P'O' \operatorname{tg} w' : PO \operatorname{tg} w = \beta = \text{const.}, \dots (2)$$

und allgemein ist:

$$\frac{O'A'}{O'\mathcal{U}'} - 1 = \frac{P'O' \operatorname{tg} w'}{\beta PO \operatorname{tg} w} - 1 = V_z, \dots (3)$$

der (meist in Prozenten ausgedrückte) Fehler der Darstellung, die „Verzeichnung“.

Da die Blende im allgemeinen weder nach der Ding- noch nach der Bildseite ohne sphärische Abweichung abgebildet wird, sind PO und $P'O'$ von w, w' abhängig. Wenn jedoch diese Abweichungen gehoben sind, hat man statt (2) die Bedingung:

$$\operatorname{tg} w' : \operatorname{tg} w = \text{const.} \dots (2a)$$

Dies tritt auch ein, wenn Ding- und Darstellungsebene sehr weit entfernt sind, so daß die Abweichung von P und P' gegen die Entfernung verschwindet. Hier kann überhaupt nicht von einer linearen Vergrößerung β die Rede sein, man muß schreiben:

$$\operatorname{tg} w' : \operatorname{tg} w = \gamma. \dots (2b)$$

Ist nur der Gegenstand unendlich fern (z. B. Himmelsphotographie), so wird die Bedingung:

$$\frac{P'O' \operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} = \text{const.} = f \dots (2c)$$

(Gaußsche Definition der Brennweite), und in einem wichtigen Falle, dem einer Hinterblende, ist $P'O' = \text{const.}$; und die Forderung:

$$\operatorname{tg} w' : \operatorname{tg} w = \frac{f}{P'O'} = \text{const.} \dots (2d)$$

Die Gleichungen (2 a), (2 b), (2 d) stimmen mit (1) überein, sind aber nicht von selbst erfüllte Beziehungen, sondern Bedingungen, denen die Linsenfolge möglichst genügen soll.

Die Bedingung (2) ist zuerst von *R. H. Bow* 1861 aufgestellt worden (s. *M. v. Rohr* 2), die Bedingung (2b) schon 1827 von *G. B. Airy* (1, 4).

Es sei bemerkt, daß es an und für sich nicht notwendig ist, als Auffangebene die Gaußsche Bildebene vorauszusetzen. Verschiebt man sie, so bleiben die Tangenten der Winkel ganz un geändert, und man sieht leicht, daß sich zwar die Deutlichkeit der Darstellung, nicht aber die Verzeichnung ändert. — Infolgedessen werden auch räumliche Gegenstände bei gehobener Verzeichnung zwar mit wechselnder Deutlichkeit und auch mit wechselnder Vergrößerung dargestellt, die letztgenannte ist aber in jeder achsensenkrechten

Ebene fest, man kann dann so vorgehen, daß man die Eintrittspupille mit den Dingpunkten verbindet und die Schnittpunkte mit der Ebene bestimmt, deren Gaußsche Bildebene die photographische Platte oder die Wand ist, dann ist es das so entstehende „Abbild“ in der Dingebene (*M. v. Rohr*, 4, 9), dessen Gaußsche Abbildung man als Darstellung erhält.

Daraus folgt etwas Weiteres für die Betrachtung: Will man eine bloße Wiederholung des Gegenstandes haben, so muß man die Photographie usf. aus einer Entfernung betrachten, die sich zu dem Abstände der Eintrittspupille von der Dingebene verhält wie die Photographie zum Gegenstande oder vielmehr zu dessen Abbild. Es sind dann die scheinbaren Winkel gleich den Winkeln w , und man hat nicht nur den Eindruck eines „ähnlichen Bildes“, sondern den richtiger Plastik. Will man dagegen einen größeren Sehwinkel haben — das Instrument nicht nur als wiederholend, sondern auch als „verdeutlichend“ (*M. v. Rohr* 4, 33—34) benutzen, so muß man auf

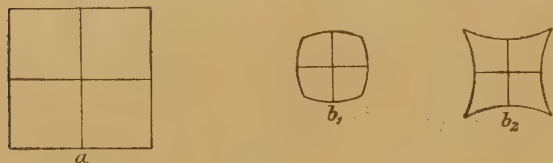


Fig. 5. (Nach *M. v. Rohr*, 3, 242, Fig. 59.) Wiedergaben (b_1 , b_2) eines Quadrats a durch verzeichnende Linsenfolgen. (Da ein photographisches Objektiv angenommen war, sind sowohl b_1 wie b_2 verkleinert.) Wenn y'/y mit wachsender Entfernung von der Achse kleiner wird, so werden die (nicht gezeichneten) Diagonalen in kleinerem Maßstabe wiedergegeben als die Querlinien, und es entsteht die Form b_1 , im entgegengesetzten Falle die Form b_2 (man nennt b_1 eine Darstellung mit tonnenförmiger, b_2 eine solche mit kissenförmiger Verzeichnung).

die richtige Plastik verzichten und sich auf die Ähnlichkeit in den einzelnen achsensenkrechten Ebenen beschränken.

Bei jeder ähnlichen Darstellung entsprechen geraden Linien Gerade; Verzeichnungsfreiheit hat also die Wirkung, daß wenigstens in achsensenkrechten Ebenen verlaufende Gerade wieder als solche dargestellt werden. Für andere Gerade gilt das gleiche wenigstens dann, wenn man die Abweichungen der Eintrittspupille vernachlässigen kann, z. B. im Falle der Gleichungen (2a) bis (2d). Da nämlich das Abbild (s. vorvorigen Abschnitt) durch Projektion von der Eintrittspupille entsteht und ähnlich abgebildet wird, bleibt die Geradlinigkeit erhalten. Andererseits werden bei einer nicht verzeichnungsfreien Darstellung selbst ebenen geradlinigen Figuren krummlinige entsprechen. Die Diagonalen eines zur Achse symmetrischen Quadrats werden in einem andern Verhältnisse vergrößert als die Abstände der Seitenmitten vom Mittelpunkt, daher werden die Seiten des Quadrates und alle Ge-

raden, die nicht die Achse schneiden, als krumme Linien erscheinen (Fig. 5).

Den letzten Absatz wird der Mathematiker ohne weiteres auf einen unendlich fernen Gegenstand anwenden, da er die Gesamtheit der unendlich fernen Punkte als Ebene auffaßt. Aber auch bei der gewöhnlichen Auffassung als Kugel (Himmelsgewölbe) ist die Übertragung leicht, unwillkürlich betrachtet man bei ihr größte Kreise als gerade Linien, wie in der bekannten Vorschrift, zwei Sterne des großen Bären durch eine Gerade zu verbinden, um den Polarstern zu finden. Nun sagt die Bedingung (2c) $O'A' = \text{const. tg } w$, daß man sich eine verzeichnungsfreie Darstellung der Himmelskugel durch Projektion vom Mittelpunkte aus auf eine zur Achse ($w = 0$) senkrechte Ebene entstanden denken kann (gnomische Kartenprojektion), dann werden aber größte Kreise durch Gerade dargestellt (Fig. 6).

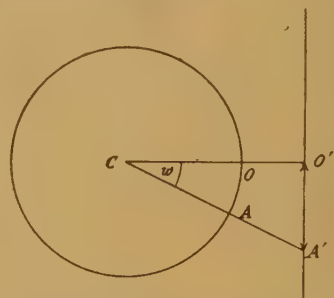


Fig. 6. Die Projektion einer Kugel OA von ihrem Mittelpunkte B aus auf eine Ebene $O'A'$ folgt dem Gesetze $O'A' = CO' \text{ tg } w = \text{const. tg } w$.

Die Lehre von der Verzeichnung hat sich erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelt, ist aber im allgemeinen nicht der Gegenstand vieler Meinungsverschiedenheiten gewesen (s. *M. v. Rohr* 2). In der Tat ist wohl in allen Fällen, wo ein Auffangen auf ebenen Flächen stattfindet, eine andere Auffassung gar nicht durchführbar. Hierher gehören fast alle „Instrumente zu objektivem Gebrauch“ (s. aber unten) und von denen „zu subjektivem Gebrauch“ alle die, wo in der Bildebene eine Meßvorrichtung (Mikrometer) angebracht ist; in diesem Falle berücksichtigt man die Verzeichnung nicht, die etwa durch eine Okularbetrachtung der Bildebene entsteht, da sie auf Mikrometer und Darstellung gleich wirkt und daher die Messung nicht beeinflusst.

Aber auch für den Fall, daß man Werkzeuge zu subjektivem Gebrauch hat, und keinerlei Vergleich mit einer Ebene stattfindet, ist bis vor wenigen Jahren wohl kaum daran gezweifelt worden, daß man gleichwohl eine Projektion auf je eine Ebene im Ding- und Bildraume vornehmen und hiernach die Verzeichnung zu bemessen hat. Dies führt zu den Tangentenformeln (2)—(2d) und (3); die Forderung (2a) ist von *Airy* gerade für den Fall eines Fernrohrs, also eines subjektiven Werkzeugs angegeben worden.

L. J. Schleiermacher (1, 592—597) faßt nicht

den Hauptstrahl durch die Blendenmitte, sondern einen auf eigentümliche Weise bestimmten Strahl, den er als Achse des Strahlenbündels bezeichnet, als maßgebend auf, dies indessen sowohl bei Folgen zu objektivem wie zu subjektivem Gebrauch. Er bestimmt dann für die erstgenannten den Radiusvektor in der Ebene der Darstellung, für die zweiten die Tangente des Winkels, den die Achse des Bündels mit der Achse der Folge bildet. Er verlangt dann ausdrücklich, daß die scheinbare Größe aller einzelnen Teile gleich der des entsprechend vergrößerten Gegenstandes wäre. — Seine Ableitungen — die sich freilich auf ebene achsensenkrechte Gegenstände beschränken — weichen von den späteren nicht durch den Begriff der Verzeichnung, sondern dadurch ab, daß die „Achse des Strahlenbündels“ an die Stelle des Hauptstrahls tritt.

Es ist hier noch folgendes zu beachten: Für Fernrohre gilt die Gleichung (2 a), für Lupen ist der Gegenstand in endlicher, das Bild bei einem emmetropischen Auge ohne Akkommodationsanstrengung in unendlicher Entfernung, also hat man umgekehrt wie bei (2 a) zu setzen:

$$\text{tg } w' : PO \text{ tg } w = \frac{1}{f} = \text{const.} \dots (2e)$$

Für Brillen ist zu bemerken, daß sie im allgemeinen für die Ferne angepaßt werden und als Instrumente mit Hinterblende betrachtet werden können, deren Mitte im Augendrehpunkt liegt; es gilt also die Bedingung (2 d), für Lesebrillen (2 a) ($P'O'$ fest). Übrigens ist diese Bedingung bei einfachen sphärisch begrenzten Brillen unerfüllbar; und außerdem würde ihre Erfüllung noch nicht alles erreichen, was wünschenswert wäre. Da nämlich Brillen den Gegenstand in die deutliche Sehweite bringen, nicht aber seine scheinbare Größe ändern sollen, so müßte $w = w'$ verlangt werden; es ist aber bei sammelnden einfachen Brillen stets $w' > w$, bei zerstreuenden $w' < w$, infolgedessen ändert sich auch die Tiefenverstellung etwas. Es liegt hier ein doppelter unvermeidbarer Mangel vor.

Etwas anders liegt der Fall bei Fernrohrbrillen; es ist mit den dort verlangten Vergrößerungen zwar meistens $w' > w$ verbunden, die Hebung der Verzeichnung ist aber mit Hilfe der reicheren Hilfsmittel möglich und wünschenswert. — Bei deformierten Starbrillen wäre sie auch, aber nur mit starker Durchbiegung möglich.

Gerade auf Brillen geht jedoch in erster Linie ein Einspruch, der neuerdings gegen die übliche Berechnung der Verzeichnung erhoben worden ist.

A. Whitwell schreibt (1, 151): „Die Tangentenbedingung ist anzuwenden für optische Instrumente, die einen ebenen Gegenstand auf eine ebene Fläche projizieren, z. B. auf eine photographische Platte. Sie gilt nicht für optische Werkzeuge zum Gebrauch mit einem bewegten

(rolling) Auge. Man wolle ein ausgedehntes weit entferntes Gesichtsfeld mit einem optischen Instrument wie Brille oder Fernrohr⁴⁾ untersuchen, das Feld sei so groß, daß zur Untersuchung seiner äußeren Teile sich das Auge drehen muß; wenn dann keine Verzeichnung bestehen soll oder jeder Teil des Feldes zu der gleichen Ausdehnung (to the same extent) vergrößert werden soll, muß das Instrument für den Drehpunkt sphärisch korrigiert sein und die Winkelbedingung erfüllen. Die Winkelbedingung ist, daß der Hauptstrahl jedes einfallenden Bündels einen Winkel mit der Achse bildet, der zu dem Winkel des entsprechenden austretenden Strahles ein festes Verhältnis hat.“ (Es folgt eine Auseinandersetzung, die aber kaum etwas Neues bringt außer dem Zusatz, daß der Augendrehpunkt und sein scheinbarer Ort nahe zusammenfallen sollen; dann eine mathematische Fassung der gestellten Forderung.)

M. Tscherning (1, 13) betont die Bedeutung gehobener Verzeichnung für Brillen: „Mit einem Paare gewöhnlicher Brillengläser sieht man den mittleren Teil des Feldes scharf und ohne Verzerrungen (déformations), am Rande dagegen erscheinen die Gegenstände flau wegen des Astigmatismus und verzerrt (déformées) wegen der fehlenden Verzeichnungsfreiheit (orthoscopie). Man kann fragen, die Hebung welches Fehlers die wichtigste ist. Die Optiker halten sich an den ersten, die Beobachtungen in der Klinik scheinen aber für das Gegenteil zu sprechen; die am Star operierten beklagen sich im allgemeinen vor allem darüber, daß sie die Gegenstände durch ihre Brillengläser verzerrt sehen.“ Nach Auseinandersetzungen über die Messung folgt (20): „Damit das Glas orthoskopisch ist, müssen die Werte von $\alpha[w']$ und $\beta[w]$ proportional sein.“

E. Weiß (1, 324; 11) stellt sich auf den nämlichen Standpunkt: „Denn das ideale Brillenglas sollte die unendlich ferne Kugel auf der Fernpunktskugel richtig abbilden, in diesem Falle müßte eine Schar konzentrischer, äquidistanter Kreise (deren Mittelpunkt in der primären Blickrichtung liegt) als eine Schar konzentrischer äquidistanter Kreise auf der Fernpunktskugel abgebildet werden, und dies trifft offensichtlich nur zu, wenn das Verhältnis (der Winkel) konstant ist.“ (332; 16): „Ob diese Formen gerade Objektlinien auch gerade erscheinen lassen, ist eine offene Frage, deren Beantwortung wohl auf psychophysikalischem Gebiete gefunden werden müßte.“ (369, 39): „Es gibt ferner Formen, bei

⁴⁾ Die Betrachtung durch das bewegte Auge ist beim Erd- oder Himmelsfernrohr etwas anders als beim Holländischen Fernrohr und der Brille. — Bei diesen dient als Austrittspupille der Drehpunkt des Auges, bei jenen die reelle Austrittspupille des Instruments, der sichtbare Ramsdensche Kreis, durch den man mittels Bewegung von Auge und Kopf „wie durch ein Schlüsselloch“ beobachtet (M. v. Rohr, 4, 24, 58). Whitwell will seinen Einspruch gegen die Berechnung nach dem Tangentenverhältnis also auf beide Fälle anwenden.

welchen die Außenwelt maßstabrichtig (geometrisch ähnlich) abgebildet wird.⁵⁾

Zu der Weißischen Ausdrucksweise ist zunächst zu sagen, daß das Wort „Abbildung“ offenbar in rein mathematischem Sinne gebraucht ist (s. Anm. 2); allerdings ist es für eine Brille das Ideal, daß nicht wie bei einem vollkommenen photographischen Objektiv, auf einer Ebene, sondern auf einer Kugel um den Augendrehpunkt und durch den Fernpunkt eine (von Astigmatismus freie) Abbildung entsteht, weil dann das Auge bei seiner Bewegung, ohne Akkommodation, stets auf ein Bild ferner Gegenstände eingestellt wäre (M. v. Rohr 5, 54); aber 1. ist diese Forderung in den meisten Fällen nicht zu erfüllen, 2. muß man den Begriff der Verzeichnung erklären können und verschiedene Brillen in bezug auf Verzeichnung vergleichen, ganz unabhängig davon, ob überhaupt im optischen Sinne von einer Abbildung die Rede sein kann. — Weiß will die „optische Projektion“ nicht auf eine Ebene, sondern auf die erwähnte Kugel durch den Fernpunkt vornehmen, auf der bei einer vollkommenen Brille eine Abbildung stattfände.

Es ist also von drei um die Brillenfrage verdienten Schriftstellern die Forderung gestellt, die Bedingung $\frac{\text{tg } w'}{\text{tg } w} = \text{const.}$ zu ersetzen durch $\frac{w'}{w} = \text{const.}$

Zunächst soll durch eine kleine Tafel gezeigt werden, welche zahlenmäßige Bedeutung die Frage hat.

unter I für $\frac{w'}{w} = \text{const.}$, unter II für $\frac{\text{tg } w'}{\text{tg } w} = \text{const.}$; in unmittelbarer Nähe der Achse stimmen beide Werte überein.

Einige Beispiele mögen die Bedeutung der Tafel veranschaulichen. Bei einfachen Brillengläsern für Kurzsichtige ist $w' < w$, und zwar hat man unter zweckmäßigen Annahmen für — 11 dptr in der Nähe der Achse etwa

$$Qu = \frac{w'}{w} = \frac{\text{tg } w'}{\text{tg } w} \approx 0,75. \quad \text{In der Nähe des}$$

Randes ($w' = 30^\circ$) müßte man bei Erfüllung der Winkelbedingung einen Gegenstand von $w = 40^\circ$, der Tangentenbedingung einen solchen von $37^\circ,58 = 37^\circ35'$ haben. — Für + 7 dptr ist etwa $Qu = 1,25$, da man hier einen etwas größeren Winkel auf der Augenseite (35°) annehmen kann, hätte man einmal $w = 28^\circ$, das andere Mal $w = 29^\circ,26 = 29^\circ16'$. — Ein Starglas von + 12 dptr gibt etwa $Qu = 1,50$; $w' = 35^\circ$ entspricht I $w = 23^\circ,33 = 23^\circ20'$; II $w = 25^\circ,02 = 25^\circ1'$. — Bei einer Fernrohrbrille ist folgendes Beispiel möglich: — 7 dptr, $Qu = 1,5$. Am Rande $w' = 15^\circ$, I $w = 10^\circ$, II $w = 10^\circ,13 = 10^\circ8'$. — Einem 3fach vergrößernden holländischen Fernrohr gibt man ein scheinbares Gesichtsfeld von 20° , am Rande ist $w' = 10^\circ$, was fast völlige Übereinstimmung beider Bedingungen bedeutet. Dagegen kann für ein astronomisches Fernrohr leicht $w' = 20^\circ$ gemacht werden, und $w' = 25^\circ$ kommt vor. — Es ist hier nach der Unterschied beider Bedingungen oft so

Qu	5°		10°		15°		20°		25°		30°		35°	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,75	6,67°	6,65°	13,33°	13,23°	20,00°	19,66°	26,67°	25,88°	33,33°	31,86°	40,00°	37,58°	46,67°	43,02°
1,25	4,00	4,00	8,00	8,01	12,00	12,10	16,00	16,24	20,00	20,46	24,00	24,79	28,00	29,26
1,50	3,33	3,34	6,67	6,70	10,00	10,13	13,33	13,64	16,67	17,27	20,00	21,05	23,33	25,02
1,75	2,86	2,87	5,71	5,75	8,57	8,71	11,43	11,75	14,29	14,92	17,14	18,26	20,00	21,81
2,00	2,50	2,51	5,00	5,04	7,50	7,63	10,00	10,32	12,50	13,13				
3,00	1,67	1,67	3,33	3,36	5,00	5,10	6,67	6,92	8,33	8,84				
4,00	1,25	1,25	2,50	2,52	3,75	3,83	5,00	5,20	6,25	6,65				
5,00	1,00	1,00	2,00	2,02	3,00	3,07	4,00	4,16	5,00	5,33				
10,00	0,500	0,501	1,000	1,010	1,500	1,535	2,000	2,085	2,500	2,670				
20,00	0,250	0,250	0,500	0,505	0,750	0,768	1,000	1,043	1,250	1,336				
50,00	0,100	0,100	0,200	0,202	0,300	0,307	0,400	0,417	0,500	0,534				
100,00	0,050	0,050	0,100	0,101	0,150	0,153	0,200	0,209	0,250	0,267				

Die senkrechten Reihen entsprechen den darüber stehenden Winkeln auf der Augenseite, die wagerechten Zeilen den links stehenden Werten für $Qu = \frac{w'}{w}$ oder $\frac{\text{tg } w'}{\text{tg } w}$. — Die Tafel gibt die Winkel w auf der Dingseite, und zwar stets

groß, daß die Erfüllung der einen am Rande des Instruments nach der andern einen Fehler von 5 % und mehr bedeuten würde.

Betrachtet man die Gründe, die für die Rechnung nach dem Winkelverhältnis angeführt werden, so muß zunächst gefragt werden, wann erscheinen die Gegenstände ähnlich oder „ohne Deformation“. Die Antwort dürfte nach den früheren Auseinandersetzungen so zu geben sein:

1. Räumliche Dinge können nur dann ähnlich wiedergegeben werden, wenn $w = w'$ ist, sonst

⁵⁾ Im Gegensatz zu der Tangentenbedingung läßt sich, wie Weiß zeigt, bei einer einfachen Brille die Winkelbedingung erfüllen, doch ist er — meiner Ansicht nach mit Recht — im Gegensatz zu Tscherning der Meinung, daß die Hebung des Astigmatismus wichtiger ist.

entsteht wenigstens eine Tiefenunrichtigkeit. Diese Forderung ist bei gewöhnlichen Brillen unmöglich, und beim Fernrohr verlangt sein Zweck, daß $w' > w$ ist.

2. *Ebene Dinge* können ähnlich nur auf Ebenen (genau genommen allerdings auf allen Flächen, die man auf eine Ebene abwickeln kann; doch wird niemand geneigt sein, in der folgenden Überlegung die Darstellungsebene durch eine solche Fläche zu ersetzen) wiedergegeben werden. Nun ist eine *Abbildung* im ganz allgemeinen Falle überhaupt nicht vorhanden und wenn, so wird eine Ebene nicht als Ebene abgebildet. Man kann sich aber durch optische Projektion stets eine *ebene Darstellung* bilden und es scheint, daß man psychologisch einen ebenen Gegenstand meist als eben ansieht, wenn auch die Akkommodation des Auges zu andern Annahmen führen könnte. Damit diese ebene Darstellung aber wenigstens bei achsensenkrechten Figuren dem ebenen Gegenstande ähnlich ist, muß die Tangentenbedingung — allgemein in der Bowschen Form — gelten.

Wann wird nun das durch Fernrohr oder Brille sehende Auge von einer Geraden im Dingraum den Eindruck einer Geraden erhalten? — Ich meine, dann, wenn die Hauptstrahlen nach dem Durchgange durch das Instrument in einer Ebene liegen, und das Vorstellungsvermögen imstande ist, die im vorigen Abschnitte erwähnte Versetzung in eine andere Ebene vorzunehmen. — Der Schnitt beider Ebenen wird dem Auge die Dinggerade wiedergeben. — Nimmt man die letztgenannte als in einer achsensenkrechten Ebene liegend an, so folgt aus den Auseinandersetzungen auf S. 277, daß die gestellte Forderung mit der einer ähnlichen Darstellung und also mit der Tangentenbedingung übereinstimmt.

Dies scheint auch durch die Erfahrungen bestätigt zu werden, die man macht, wenn man das Instrument beiseite legt und zu der im Eingang des Aufsatzes behandelten Betrachtung eines ebenen Gegenstandes aus wechselnder Entfernung zurückkehrt. Hier gilt die Tangentengleichung (1). Es erscheint aber eine Linie, die in einer Entfernung als Gerade erscheint, auch in jeder andern als solche, das Gegenteil wäre auch recht unerfreulich. — Es ist aber auch gleichgültig, ob man die Linie deutlich sieht oder nicht. Auch außerhalb meines Akkommodationsbereiches scheint mir eine gerade Linie nicht krumm, während ich die nicht sehr erhebliche Verzeichnung durch den Rand meiner Brille (Punktalglas von — 3 dptr) sehr deutlich merke.

3. *Zeichnungen auf einer krummen Fläche* können nur auf einer ähnlichen Fläche ähnlich dargestellt werden (oder streng genommen, auf jeder Fläche, die sich auf eine ähnliche abwickeln läßt) und auch stets nur im Größenverhältnis beider Flächen, z. B. eine Kugel von 2 m Durchmesser in zweifacher Vergrößerung auf einer solchen von 4 m Durchmesser. — Von Wichtigkeit ist wohl allein der Fall, der auch von Weiß ange-

führt wird, daß die unendlich große Kugel auf der Dingseite mit der auf der Fernpunktskugel gebildeten Projektion verglichen wird, die bei einem vollkommenen Brillenglase eine Abbildung wäre. — Die Ähnlichkeit wird nicht beeinträchtigt, wenn man sich die Fernpunktskugel wieder auf die Himmelskugel projiziert denkt (was ja der Brillenträger tatsächlich durch einen seelischen Vorgang tut) und also die Himmelskugel mit einer Darstellung auf sich selbst vergleicht, bei der $w \geq w'$ ist. Diese kann, wie aus der sphärischen Trigonometrie folgt, nie ähnlich sein; von den Forderungen, die der Begriff der Ähnlichkeit stellt, kann nur eine oder die andere, nicht jede erfüllt werden, je nachdem, auf welche man Wert legt, gelangt man zu verschiedenen Formeln. Diese stimmen ziemlich mit denen der Kartographie überein, zu deren Aufgaben man gelangt, wenn man sich Urbild oder Darstellung auf eine Ebene projiziert denkt.

a) Allen größten Kugelkreisen — die gerade Linien vertreten — entsprechen größte Kugelkreise: gnomonische Projektion. Forderung $\operatorname{tg} w' : \operatorname{tg} w = \text{const.}$, also die Tangentenbedingung wie in 2. In diesem Falle sind nicht Urbild und Darstellung auf der Kugel ähnlich, wohl aber beider Projektionen vom Augendrehpunkte aus auf eine Ebene.

b) Winkel unendlich kleiner Bögen sind ungeändert. Die lineare Vergrößerung ändert sich von Ort zu Ort, ist aber an jeder Stelle von der Richtung unabhängig: winkeltreue, stereographische Projektion. Formel $\operatorname{tg} \frac{w'}{2} : \operatorname{tg} \frac{w}{2} = \text{const.}$

c) Die Flächenvergrößerung Fl ist vom Orte unabhängig. Es scheint fast, als wolle Whitwell dies erreichen, die Formel für diese flächentreue Projektion ist aber:

$$\sin \frac{w'}{2} : \sin \frac{w}{2} = \text{const.} = \sqrt{Fl}.$$

d) Durch $\frac{w'}{w} = \text{const.}$ wird keine dieser Forderungen erreicht, es kann also weder von Ähnlichkeit noch von Darstellung gerader Linien durch Gerade die Rede sein. Als Vorteil könnte man nur das anführen, daß einem doppelten Winkel mit der Achse eine doppelte Augenbewegung entspreche⁹⁾.

⁹⁾ Whitwell verlangt, daß ein unendlich kleiner Zuwachs dw des Winkels w überall gleichmäßig vergrößert wird, woraus allerdings die Winkelbedingung folgen würde; die Forderung selbst ist aber nicht recht begründet. — Ein kleiner Winkel $d w'$ auf der Augenseite wird im allgemeinen nicht mit bewegtem, sondern mit ruhendem Auge beobachtet werden, d. h. seine Spitze liegt nicht im Augendrehpunkt, sondern in der scheinbaren Augenpupille; man kann nicht ohne weiteres sagen, daß der Zuwachs von w' auch der Winkel wäre, in dem ein kleiner Gegenstand an der Himmelskugel erscheint. Aber auch abgesehen davon erscheint ein solcher Gegenstand nicht durch $\frac{dw'}{dw}$ in der richtigen Gestalt, weil ein Winkel, dessen Ebene senkrecht

Man müßte, um Verzeichnungsfreiheit so zu erläutern und diese Erklärung doch auch auf irdische Gegenstände zu übertragen, behaupten, daß unser Auge etwas wie Verzeichnung erlebte, wenn wir uns einem Gegenstande nähern — es bleibt dann das Tangenten-, aber nicht das Winkelverhältnis fest — und einen Unterschied in der Verzeichnung annehmen, je nachdem man einen Sonnenfleck mit dem Fernrohre beobachtet oder, was durch eine geringe Änderung der Versuchsanordnung möglich ist, photographiert; besonders schwer verständlich scheint mir, daß die Änderung der Formel nicht nur auf der Bildseite, sondern auch auf der Dingseite eintritt, wo überhaupt alles ungeändert geblieben ist.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, bemerke ich, daß ich mir durchaus Vorrichtungen vorstellen kann, wo die Tangentenformel durch andere ersetzt werden müßte. — Man wolle ein Spektrum mit Fraunhoferschen Linien photographieren. Das Objektiv sei nicht auf Astigmatismus und Bildfeldwölbung korrigiert, und die Güte einer ebenen Projektion nicht ausreichend. Man kann sie sehr verbessern, wenn man die Platte zylindrisch gebogen nimmt, und zwar so, daß ihre Krümmung mit der tangentialen Bildfläche übereinstimmt. Breitet man die Photographie auf eine Ebene aus, so ist im Bilde die Entfernung einer Linie von der Mitte dem Winkel w' proportional, der aber nicht an der Austrittspupille, sondern am Mittelpunkt der Bildfläche zu nehmen ist. — Ist nun das Spektrum durch ein Beugungsgitter gebildet, so hat man auf der Dingseite:

$$\sin w = \frac{\lambda}{b},$$

wo b eine Gitterkonstante, λ die Wellenlänge ist. Soll nun endlich die Ausdehnung sofort im Verhältnis der Wellenlängen stehen, so wäre die Bedingung:

$$\frac{w'}{\sin w} = \text{const.},$$

für kleine w auch:

$$\frac{w'}{w} = \text{const.}$$

Doch brauche ich wohl nicht hinzuzufügen, warum man eine solche Bedingung nicht als die der Verzeichnungsfreiheit bezeichnen kann.

Alles bisher erörterte bezieht sich auf Linsenfolgen mit einer Umdrehungsachse. — Als Brillen werden häufig zur Hebung des Astigmatismus des Auges Linsen verwandt, die nur zweifach symmetrisch sind. Bei diesen ist im allgemeinen die Vergrößerung schon in der Mitte des Gesichtsfeldes in verschiedenen Richtungen verschieden. Ich habe vor einigen Jahren das Zusammenwirken dieses Fehlers mit der Verzeichnung kurz besprochen (1). Da ein kleiner Kreis in eine ellipsenartige Figur verwandelt wird, habe ich den

zur Drehungsrichtung des Auges liegt, anders vergrößert werden würde. — Diese Art Ähnlichkeit läßt sich eben durch Erfüllung der Bedingung b) erreichen.

Fehler „elliptische Deformation“ genannt, gebe diesen unschönen und umständlichen Ausdruck aber preis, sowie ein besserer angeführt wird; das Wort Verzeichnung sollte man aber für den Fehler außer der Achse behalten, der auch bei Umdrehungsfolgen vorkommt.

Quellenverzeichnis.

- Airy, G. B. (1), On the spherical aberration of the eye-pieces of telescopes (1827). Camb. Phil. Trans. 1830, 3, 1—64. — Sonderabdruck: Cambridge, J. Smith, 1827, 4^o, 63 S. mit 1 Tafel.
- Boegehold, H. (1), Physiologische und mathematische Meinungsverschiedenheiten in der Bewertung sphärorischer Brillen. Z. f. ophthalm. Opt. 1918, 6, 14—21.
- Gullstrand, A. (1), Tatsachen und Fiktionen in der Lehre von der optischen Abbildung. Arch. für Opt. 1907 1, 2—41, 81—97.
- Lummer, O. (1), Beiträge zur photographischen Optik. Z. f. Instrk. 1897, 17, 208—219, 225—239, 264—271. 25 Fig. im Text.
- v. Rohr, M. (1) Über die Bedingungen für die Verzeichnungsfreiheit optischer Systeme mit besonderer Bezugnahme auf die bestehenden Typen photographischer Objektive. Z. f. Instrk. 1897, 17, 271—277. 1 Fig. im Text.
- (2) Beitrag zur Kenntnis der geschichtlichen Entwicklung der Ansichten über die Verzeichnungsfreiheit photographischer Objektive. Z. f. Instrk. 1898, 18, 4—12. 5 Fig. im Text.
- (3) Die Theorie der optischen Instrumente. I. Band. Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik. Berlin, Jul. Springer, 1904. XXII u. 587 S. 133 Fig. im Text.
- (4) Die optischen Instrumente. (Aus Natur und Geistesw. 88.) 3. Aufl. Leipz. u. Berlin, B. G. Teubner, 1918. VI u. 137 S. 89 Fig. im Text.
- (5) Das Auge und die Brille. (Aus Natur und Geistesw. 372.) 2. Aufl. Leipz. u. Berlin, B. G. Teubner, 1918. 106 S., 1 Tfl., 84 Fig. im Text.
- Schleiermacher, L. J. (1), Analytische Optik I, Darmstadt, G. Jonghaus, 1842. XVI u. 608 S.
- Tscherning, M. (1), Moyens de contrôle de verres de lunettes et de systèmes optiques en général. Kgl. Danske Vid. Selsk. Math. fys. Medd. 1918 I, 9, 3—20.
- Weiß, E. (1), Analytische Darstellung des Brillenproblems für sphärische Einzellinsen. C. Zeit. f. Opt. u. Mech. 1920, 41, 321—325, 337—342, 354—357, 369—370. Auch besonders als Heft 5 der Samml. opt. Aufs. herausgeg. von Dr. H. Harting, Berlin 1920. 44 S. 5 Fig. im Text.
- Whitwell, A. (1), On the sine, the tangent and the angle conditions. The Optician 1914/5, 48, Nr. 1235, v. 27. XI., 149—153. 7 Fig. im Text.

Die Geologie der Torfmoore¹⁾.

Von H. Höfer-Heimhalt, Wien.

(Schluß.)

Die chemische Zusammensetzung des Torfes ist im allgemeinen je nach seinem Ursprungsmaterial, dem Grade dessen Umwandlung und den zugeführten mineralischen Bestandteilen verschieden. Es seien hier noch die von R. Miklaus ausgeführten Analysen von zwei Torfarten aus dem Moränenödenseemoor (Obersteiermark) — einem

¹⁾ W. Bersch faßt in seinem „Handbuch der Moor-kultur“ (Verlag W. Frick, Wien-Leipzig, 2. Auflage, 1912) die Literatur bis 1912 zusammen.

Hochmoor — und des dort vorkommenden *Dopplerites* eingeschaltet. Letzterer ist ein typisches Torfmineral, kein Erdharz, das sich vorwiegend in den Klüften des Flachmoores findet, im frischen Zustande gallertartig ist und nach *J. J. Früh*¹⁾ 76,1 bis 87,2 % Wasser enthält; getrocknet ist es spröde, muschelartig brechend, schwarz mit Pechglanz und nimmt kein Wasser mehr auf. Seine Dichte ist 1,39—1,47; die Härte 2,5. Der Dopplerit ist ein disloziertes Humusprodukt, ein wechselndes Gemenge kolloidaler Substanzen, freier Humussäure²⁾, humussaurer Salze (Adsorptionsverbindungen) und indifferenten, auch etwas unorganischer Gemengteile. Nach *V. Zailer*³⁾ werden im Hochmoor die Humussubstanzen durch einsickernde Tagwässer gelöst und im darunter liegenden trockenen Flachmoor durch das kapillar aufsteigende, kalkhaltige Wasser als Dopplerit gefällt.

Elementarzusammensetzung.

Aus der Doppleritzone, Flachmoor	In 100 Teilen Trockensubstanz					Heizwert der Trocken- substanz
	C	H	N	O	Asche	
Lebertorf	55,17	5,11	1,03	35,13	3,56	4934
Carextorf	53,36	4,47	1,89	34,88	5,40	4063
Dopplerit.....	51,17	3,77	0,92	38,16	5,44	4686

Aschenanalysen:

Aus der Doppleritzone	In 100 Teilen Trockensubstanz		In 100 Teilen Reinasche sind enthalten								
	org. Sub- stanz	Asche	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	SiO ₃ + unlösl.	Cl
Lebertorf	96,44	3,56	1,18	0,25	80,10	1,489	5,170	1,292	6,294	3,006	0,815
Carextorf	94,80	5,40	1,24	0,31	73,47	2,057	11,084	1,310	4,949	4,745	0,088
Dopplerit.....	94,56	5,44	0,90	0,18	71,54	7,350	6,580	0,551	4,319	8,105	0,533

Die *Vertorfung* (Uhmifikation) ist, wie bereits einleitungsweise erwähnt wurde, insofern ein Reduktionsvorgang, als sich ein Teil des Sauerstoffes der Zellulose usw. mit Kohlenstoff zu Kohlendioxyd, mit Wasserstoff zu Wasser verbindet; da hier also auch eine Oxydation stattfindet, so wird die Vertorfung manchenmal auch als ein sehr langsam verlaufender Oxydationsprozeß aufgefaßt, was jedoch nicht zutrifft, da ja der Torf absolut und relativ Sauerstoff, auch Wasserstoff verliert und prozentarisch an Kohlenstoff reicher wird. Gleichzeitig finden auch andere Umwandlungen der Pflanzensubstanz statt, durch welche die kolloiden Humussäuren und indifferente Hu-

musstoffe und Umin gebildet werden, die sich in den Hochmooren reichlicher vorfinden. Der Torf ist also kein Gemenge von Kohle und Bitumen. Der Verlauf des Vertorfungsprozesses kann teilweise aus den folgenden Untersuchungen von *Zailer* und *Wilk* entnommen werden⁴⁾.

Im allgemeinen vertorfen die zarten eiweißreichen Pflanzenteile am leichtesten, daher der Zellinhalt gewöhnlich vor der Membran. Spaltpilze haben mit der Vertorfung nichts zu tun (*Früh*).

Mit „unzersetzt“ (s. Tabelle a. S. 282) bezeichnet man jenen Torf, in welchem man noch ganz deutlich die Pflanzenreste erkennt, während ein „ganz zersetzter“ Torf den Übergang in eine scheinbar homogene Masse bildet, in welcher mit freiem Auge die Pflanzenreste nicht mehr erkennbar sind.

Diese Analysen beweisen, daß das Ausgangsmaterial der Vertorfung, die Pflanzen, verschieden zusammengesetzt sind (C = 49,55—56,77), und daß übereinstimmend beim *Vertorfungsprozeß* eine Anreicherung des Kohlenstoffs und ein rascher Abbau des Sauerstoffes stattfindet, weshalb das Verhältnis C : O zunimmt, während bezüglich des Wasserstoffs keine Gesetzmäßigkeit zu erkennen ist: hierbei wird der Stickstoff meist angereichert, bis er bei der gänzlichen Zersetzung abnimmt. Das Verhältnis C : H nimmt schwan-

kend in der Regel zu. 2 und 3 sind Hochmoortorfe, ihr geringer Aschengehalt wird durch die Vertorfung besonders im letzten Stadium angereichert, während er im Flachmoor (1 und 4) abnimmt: dies dürfte dadurch bedingt sein, daß das bei der Zersetzung entstehende Kohlendioxyd im sehr nassen Flachmoor intensiver auf den mineralischen Anteil zersetzend und lösend wirken kann als in dem mehr durchlüfteten Hochmoor, in welchem durch Verlust organischer Bestandteile eine relative (prozentarische) Anreicherung der Asche erfolgt.

Dieselben Forscher untersuchten ein 13 m mächtiges Carexmoor, des Ossiacher Sees (Kärnten), dessen Oberfläche 12 m über dem Seespiegel liegt. Die Bohrproben zeigten bis 7,5 m Tiefe in der dunklen Farbe und Zersetzung der Pflanzen eine stetige Zunahme der Vertorfung, während

¹⁾ *Früh* gibt in seinem Buche: Über Torf und Dopplerit (Zürich 1903) eingehende Untersuchungen des letzteren.

²⁾ Nach den neuen Untersuchungen sind die Humussäuren teils eigentliche Säuren, teils ist ihre Säurewirkung durch Adsorptionserscheinungen bedingt.

³⁾ *V. Zailer*, Entwicklungsgeschichte der Moore im Flußgebiet der Enns, Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung.

⁴⁾ Der Einfluß der Pflanzenkonstituenten auf die physischen und chemischen Eigenschaften des Torfes, in der Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung, Wien 1907, s. Tabelle zu Seite 95.

Torfart	Asche in der Trocken- substanz	Elementarzusammensetzung der organischen Substanz ohne Asche und Wasser %							Kalori- metr. Heizwert der org. Substanz W. E.	1 l = 1 cbdm Trocken- substanz wiegt g	
		C	H	N	O	O = 1					
						C : O	H : O	C : H			
1. Schilftorf	unzersetzt ...	14,65	55,24	6,00	2,18	36,58	1,51	0,16	9,21	4993	217
	wenig zersetzt	11,80	58,52	5,75	2,60	33,40	1,74	0,17	10,13	5194	277
	stark zersetzt	15,46	58,11	5,12	3,43	33,34	1,74	0,15	11,35	5238	417
	ganz zersetzt	12,85	65,67	5,34	2,16	31,83	1,91	0,17	11,36	5416	436
2. Carexortorf	unzersetzt ...	3,84	56,77	5,78	2,28	35,17	1,61	0,16	9,82	5192	134
	wenig zersetzt	3,97	60,97	5,95	1,70	31,98	1,94	0,12	10,25	5442	260
	stark zersetzt	3,51	60,32	5,40	2,18	32,10	1,88	0,17	11,17	5446	288
	ganz. zersetzt	5,68	61,75	5,97	1,40	30,88	2,00	0,19	10,34	5634	442
3. Sphagnumtorf	unzersetzt ...	1,93	49,55	5,22	0,90	44,33	1,12	0,12	9,49	4359	88
	wenig zersetzt	0,64	50,57	5,31	0,80	43,32	1,17	0,12	9,52	4466	113
	stark zersetzt	3,21	57,39	5,64	1,40	35,57	1,61	0,16	10,18	5153	157
	ganz zersetzt	3,92	62,26	5,13	0,91	31,70	1,96	0,16	12,13	5392	280
4. Hypnumtorf	unzersetzt ...	7,61	53,83	5,71	2,23	38,23	1,41	0,15	9,42	4896	95
	wenig zersetzt	5,73	58,15	6,15	2,39	33,91	1,75	1,75	9,46	5064	187
	stark zersetzt	3,32	58,15	6,29	2,15	33,41	1,74	1,74	9,24	5213	204

tiefer der Torf weniger zersetzt erschien, was auch die chemischen Untersuchungen bestätigten. Dies ist dadurch bedingt, daß die untersten Partien unter dem Einflusse des fluktuierenden Grundwassers stehen, somit bezüglich der Torfumwandlung sich wie ein Flachmoor verhalten, während bis 7,5 m Tiefe der Hochmoorcharakter voll erhalten blieb. In dieser Partie steigt mit zunehmender Tiefe der Gehalt an Reinasche und in dieser das CaMg, das sich in schwer löslichen Humaten anreichert, während Kali und Phosphorsäure auf $\frac{1}{2}$ bzw. $\frac{1}{3}$ sinken; der unter 7,5 m liegende Teil ist reicher an anorganischem Detritus.

Die Umwandlung der organischen Substanz (in 100 Gewichtsteilen) kann aus folgender Zusammenstellung entnommen werden:

Tiefe m	0,5	1,5	3,5	7,5	9,5	11,5
C	56,33	56,68	57,22	61,39	59,16	57,33
H	5,33	5,85	5,55	5,71	5,82	5,59
N	2,35	2,39	2,40	3,05	2,84	2,69
O	35,99	35,08	34,83	29,85	32,18	34,30
Fixer C in						
100 Gesamt-C	27,38	28,32	28,89	30,53	30,51	29,70

Der Kohlen- und Stickstoffgehalt nimmt durch die Vertorfung bis 7,5 m zu, der Sauerstoff rasch ab, während der Wasserstoffgehalt sehr wenig steigt. Die Vertorfung unter 7,5 m Tiefe — im Flachmoore — geht andere Wege, welche jedoch

nicht klar vorgezeichnet sind, da die Tiefe von 9,5 m als Übergangsmoor anzusehen ist. Das Verhältnis der fixen Kohlenstoffe nimmt bis 7,5 m zu, was jedenfalls ein Zeichen dafür ist, daß mit zunehmender Vertorfung die Humusverbindungen nicht nur im allgemeinen kohlenstoffreicher, sondern auch gegen Zersetzung durch Wärme und chemische Einflüsse widerstandsfähiger werden, wodurch sie sich für die Verkohlung besser eignen. Die rasche Umwandlung der Humuskörper in resistenter zeigt auch der Extrakt mit 5 % NH₃, der bei 0,5 m 13,29 %, in 7,5 m 6,49 % und in 11,5 m 3,49 % beträgt. Der kalorimetrische Heizwert steigt von 5118 W.E. (in 0,5 m) auf 5360 W.E. (in 7,5 m) und fällt auf 5071 W.E. (11,5 m). Der Gehalt an Furfurol (5,70 % in 0,5 m Tiefe) und an Pentosane (10,26 %) ist in 7,5 m Tiefe auf die Hälfte (2,96 bzw. 5,05 %) gesunken.

Die Minerale der Torfmoore. Die Flachmoore führen häufig Schwefelkies in Knollen, welcher durch die reduzierende Wirkung des Torfs auf eisenhaltiges Wasser und schwefelsauren Kalk bzw. auf Eisenvitriol zurückzuführen ist; auch Brauneisenerz (Raseneisenerz) findet sich in knolligen Formen in Flachmooren. Das Vorkommen von Vivianit (Blaueisenerde) und Dopplerit wurde schon bemerkt. Die schneeweiße Seekreide oder der Wiesenalk (auch Alm genannt) tritt sowohl nesterweise im Moore als auch manchmal als starkes Lager an dessen Untergrund auf; er ist

eine Ausscheidung des CaCO_3 durch Wasserpflanzen aus dem kalkhaltigen Wasser oder durch Zerfall von Muschel- und Schneckenschalen entstanden. Hier und da findet sich im Moor lagenweise oder als Lager an der Basis *Kieselgur*, auch eingesprengt *gediegen Schwefel*. Der weiße *Fichtelit* ist in Klüften der Nadelhölzer, aus deren Harz er entstanden sein dürfte, ausgeschieden. In 1 m^3 des Bodens in natürlicher Lagerung sind im Moostorf (Hochmoor) 90 kg Trockensubstanz, im Flachmoor 250 kg enthalten; der Wert für das Übergangsmoor liegt zwischen diesen beiden Zahlen.

Die *Mächtigkeit* eines Torfmoores wird naturgemäß mit der Verschiedenheit der Tiefen des ursprünglichen Wasserbeckens und dem allmählichen Sinken seines Bodens sehr verschieden sein. In den europäischen Mooren steigt sie bis auf 27 m. Das Pentlacker Hochmoor bei Nordenberg (Ostpreußen) erreicht 24,6 m, jenes bei Dolina in Galizien 13 m; im Flachmoor am Ossiacher See (Kärnten) steigt die Mächtigkeit bis auf 11,5 m. In Island wurden in mehreren Mooren 17 m und mehr Torf durchbohrt. Ist das Moor gründlich abgebohrt, so verbindet man die Punkte gleicher Mächtigkeit durch Linien (Isodynamen¹⁾). In Europa sind die größten Torflager an der Küste der Nordsee; so hat Norddeutschland 450 Quadratmeilen Moorfläche, davon das Bourtanger Moor (Hannover) eine zusammenhängende Fläche von 25 Quadratmeilen; die Emsmoore in Hannover nehmen nach *Griesebach* 120—130 Quadratmeilen ein. Süddeutschland, vorwiegend Bayern, hat nur 50 Quadratmeilen. In Irland ist nach *J. Emerson Reynold*²⁾ fast $\frac{1}{7}$ der Insel vertorft. Auch in Pommern und Ostpreußen sind ausgedehnte Moorgebiete. Im alten Österreich finden sich größere Torfgebiete im südlichen Böhmerwalde, in Ostgalizien und in der Bukowina, im Ennstal (Obersteiermark), am Ossiacher See (Kärnten), in Krain; im alten europäischen Rußland wurde die gesamte Moorfläche auf 17 000 000 ha geschätzt. Deutschland erzeugte im Jahre 1919 etwa eine Million Tonnen Torf, wovon 60 % auf die größeren Werke entfielen.

In den meisten Fällen sind die Torfmoore unregelmäßig begrenzt, verschiedentlich an den Rändern ausgelappt und im Innern durch inselartige Bodenschwellungen unterbrochen; manchmal sind sie in einem Tale in die Länge gestreckt. Auf der nördlichen Halbkugel reichen die Torfmoore südwärts bis zum 23. Grad nördlicher, auf der südlichen Halbkugel nordwärts bis zum 41. Grad südlicher Breite. Es war durch lange Zeit die Meinung verbreitet, daß die Äquatorialgegenden torffrei seien, weil hier wegen der hohen Temperatur die Verdunstung zu groß sei. Doch wies *C. E. Wichmann*³⁾ darauf hin, daß tropische Torfmoore

in der Literatur wiederholt erwähnt wurden, so mit bis zu 35 m Mächtigkeit von Java, Sumatra, Borneo und Neuguinea. Über das in Sumatra von *Dr. H. S. Koorders* aufgefundene Torfmoor berichtete auch *H. Potonié* dahin, daß sich in ihm nur hohe Bäume und holzige Sträucher, doch keine niedrigen Pflanzen befänden. *Janesch* und *v. Staff* fanden in Deutsch-Ostafrika tropische Moore mit üppiger Vegetation und *K. Keilhack*¹⁾ entdeckte in Ceylon ein subtropisches Grasmoor ohne Moose bei Nürelia, welches mit unseren Moosen große Ähnlichkeit hat; im südlichen Teil von Ceylon fand er auch ein großes tropisches Flachmoor, und zwar ebenfalls ein Grasmoor mit vorwiegend Gramineen und Cyperaceen, doch auch Farnen.

Nach *C. v. Leonhardt* ist in unseren Breiten die Wachstumsgeschwindigkeit eines Torflagers in 100 Jahren 5—6 m; hingegen fand sie im Jura *Lesquereux* mit 6,5—9,7 m. Nach *Weber* erhöhte sich die Oberfläche des Augstumalmoores binnen 10 Jahren um 20—25 cm, nach *Borggreve* in Finland in 30 Jahren um 30 cm. Diese Zahlen sind von den Wachstumsverhältnissen der Moore abhängig und deshalb verschieden, abgesehen von den Fehlerquellen der Messungen, wobei auch zu berücksichtigen ist, daß der Zuwachs der obersten lebenden Schichten noch wenig vertorft ist. Im Laibacher Moor wurde die Zunahme des wahren Torfes innerhalb 1800 Jahren mit nur 1,2 m gefunden. Im allgemeinen nimmt man für die europäischen Moore einen Jahreszuwachs von 1 mm, also von 1 m in 1000 Jahren an. Das sogenannte „Nachwachsen“ des Torfes ist somit technisch belanglos. In jedem Torflager lassen sich Perioden rascheren und schwächeren Wachstums unterscheiden. Nach der ersteren Zahlenangabe würde ein 15 m mächtiges Torflager 2300 bis 1540 Jahre zu seinem Wachstum gebraucht haben, und würde nach *Unger* einem 3—4 m mächtigen Schwarzkohlenflöz entsprechen. Doch gehen derartige Schätzungen weit auseinander, es kann ihnen wenig Wert zugesprochen werden. So z. B. würde nach *K. Keilhack*²⁾ ein 2 m mächtiges Torfmoor eine Entstehungszeit von 4000 Jahren erheischen, was wahrscheinlich ist. Nach der Beobachtung *Stenstoffs* am Tollensee³⁾ beim Dorfe Wustrow (Mecklenburg-Strelitz) betrug dort der Torfzuwachs in 100 Jahren 14 cm.

Die sogenannten *diluvialen Torfkohlenflöze* verdienen auch darum eine besondere Beachtung, weil, sie gleichsam den Übergang in die Kohlen- und besonders Lignitflöze vermitteln. Sie zeigen noch gut erkennbar die Torfbildung, sind jedoch in tauben Sedimenten diluvialen Alters eingelagert. Ein solches Torfkohlenflöz

¹⁾ *H. Croß*, Zeitschrift der phys. ökon. Gesellschaft in Königsberg 53, 192, 1912.

²⁾ Nature, Band 46, Seite 527, Jahrgang 1892.

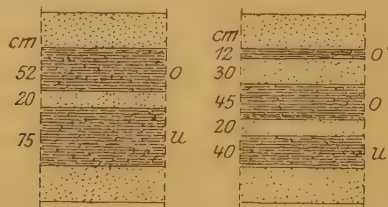
³⁾ The fen of the indian Archipelago, Konigl. Akad. Wetensch. Pro May 29, 1909.

¹⁾ Jahresbericht und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins N. F. IV, 76, 1914.

²⁾ Beiträge zur Naturdenkmalpflege, V. Band, 2. Heft, Seite 115.

³⁾ Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, Pal., Stuttgart 1895, I. Ref. 361.

wurde im Tälkessel von Hopfgarten (Nordosttirol) durch Schürfungen gut erschlossen und von V. Zailer¹⁾ beschrieben. Es ist in Glazialablagerungen, direkt im Bänderton, eingeschlossen und bedeckte ursprünglich eine Fläche von 26 km². Es ist von Südost gegen Nordwest schwach geneigt und führt durchweg zuunterst Mudde-, Hypnum- und Carextorf, was auf eine allmähliche Senkung des Seespiegels hinweist. Der normale Aufbau des Moores wurde durch Hochwässer, welche mineralischen Detritus weithin einschlammten, in der Entwicklung gehemmt. So bildete sich im ganzen Flöz ein 18–25 cm starkes feintoniges Bergmittel, welches die Unterbank *u* von der Oberbank *o* des Torfes trennt und welches eine langdauernde Überflutung durch die im Abflusse gehinderten Hochwässer der Bäche vermuten läßt; es führt sehr gut erhaltene Pflanzenreste (Hypnum). Im südlichen Teile, woselbst die Torfmächtigkeiten reduziert sind, tritt noch ein zweites 30 cm starkes Bergmittel auf, wie dies die beiden nachstehenden Flözprofile zeigen.



Torfkohlenflöz von Hopfgarten (Tirol).
In Nord. In Süd.

Auch Auswaschungen des Flözes, z. T. durch Gletschererosion bedingt, haben einen großen Teil des Flözes abgetragen. Die meist 80 cm starke Unterbank des Flözes ist ein Flachmoor; auf dem Bergmittel entwickelte sich das 40–50 cm mächtige Hochmoor mit einem kümmerlichen Kiefern-, Fichten- und Birkenwald beginnend, in welchem sich eine üppige Sphagnumvegetation ansiedelte. Die Stämme und Äste sind konkordant eingelagert und breitgedrückt. Im allgemeinen nimmt die Flözmächtigkeit gegen die Mitte des Tälkessels etwas zu, wie dies bei Hochmooren häufig ist. Die Muddeschicht ist eine pechschwarze, muschelig brechende, ungeschichtete Kohle mit 25,24 % Reinasche und 4134 W. E., auf die Trockensubstanz bezogen. Der übrige Teil der Unterbank (Carex- und Hypnumtorfkohle) hat 10,11 % Asche, 4926 W. E., und die Oberbank (Sphagnumtorfkohle) 14,35 % Asche und 4442 W. E. Die Minderwertigkeit der letzteren ist auf Infiltrierung mit feinem Tonmaterial vor der Moränenbedeckung zu beziehen. Die Zeit dieser Flözbildung entspricht dem Bühlstadium, der eisfreien Periode der Aschenschwankung, die des Torfkohlenflözes in der Ramsau (Steiermark) jedoch dem Mindelriß-Interglazial; dieses ist also älter als

jenes, der Ver torfungsprozeß ist auch in der Ramsau weiter vorgeschritten, der Kohlenstoffgehalt und der Heizwert der organischen Substanz auch etwas größer; die Torfkohle ist fast Lignit, der auch trotz der Ungunst der Lage durch einige Jahre abgebaut wurde.

Einen von unseren Mooren sehr abweichenden Typus zeigen die am meisten zum Äquator vorgeschobenen „Swamps“²⁾ an der Südküste Nordamerikas in Florida, Georgia, Carolina, Virginien und an dem Unterlauf des Mississippi. Sie bestehen aus einer schwarzen vegetabilischen Erde, welche man in den great dismael swamps bis 8 m mächtig fand, die einen üppigen Urwald oder ein Dickicht trägt, aus Sumpfpalmen (Taxodium distichum)³⁾, Fächerpalmen (Sabal Adansoni) und Stechpalmen, Weihmutskiefern, immergrünen Eichen, hohen Nuß- und Ahornbäumen, Magnolien und Tulpenbäumen bestehend; dazwischen wuchert Sphagnum und Schilf. Das Wurzelwerk der Sumpfpalme durchzieht den Boden ebenso wie die Stigmarien in den Steinkohlenflözen. Stellenweise sind die Swamps, in deren Sümpfen sich die Alligatoren herumtummeln, auch von einem Schilfgürtel umgeben, welcher bei eindringendem Hochwasser, einem Filter gleich, den Schlamm zurückhält, weshalb der hier gebildete Torf aschenarm ist.

Die Verwendung des Torfes ist eine mehrfache, am meisten als Brennmaterial, und der Heizwert³⁾ ist gleichwertig jenem des trockenen Buchenholzes. Der Torf wird entweder mittels gewöhnlich zweiflügeliger Spaten gestochen — *Stichtorf* — oder er wird gebaggert und in Ziegelform geschlagen — *Streich- oder Schlagtorf* — oder in Maschinen zu Ziegeln gepreßt — *Preßtorf, Torfbriketts*. Letztere sind relativ wasserarm und haltbar, haben den Heizwert eines guten Lignits und sind deswegen auch zum weiteren Versand geeignet, doch pflegt sich in den meisten Fällen die Brikettierung nicht zu lohnen. Der Preßtorf wird auch zu *Torfkohle* verkühlt, die von Metallarbeitern sehr geschätzt wird, hingegen ist er zur Leuchtgas erzeugung weniger geeignet. Eine andere und zwar ausgedehnte Verwendung des jüngeren Moostorfes ist als *Streutorf* in Ställen oder feiner zerrieben als *Torfmuß*, welche sehr viel Nässe und die übelriechenden ammoniakalischen Gase absorbieren und ein wertvolles stickstoffreiches Düngemittel abgeben.

Streutorf und Torfmuß werden auch zum Verpacken von Eiern, Obst, Fleisch und Fischen vorteilhaft verwendet. Der seltenere Mineralmoortorf dient zu *Moorbädern* bei verschiedenen Krankheiten; berühmt ist das Vorkommen in der Soos bei Franzensbad (Böhmen), woselbst im

¹⁾ N. Shaller, Dismael Swamps, 10 ann. Rep. U. S. geol. Survey, 1889, I., 255.

²⁾ Reste der Sumpfpalme findet man in manchen, besonders preußischen Braunkohlenflözen häufig.

³⁾ Mit 25 % Feuchtigkeit: Flachmoortorf 3300 bis 3700 W. E. — Hochmoortorf: 3600–3800 W. E. Über Heizwerte siehe Tabellen zur Seite 281 und 282.

¹⁾ Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 1910, Seite 267.

Moor Mineralquellen aufsteigen. Leichen, die man in Mooren fand, waren ohne Knochen, doch waren Haut, Haare, Kleider ziemlich gut erhalten; der Torf wirkt also auch antiseptisch.

Industriell verwertet man den Torf als schlechten Schall- und Wärmeleiter, zu Papier, Bierglasuntersätzen, als Boden für Insektenansammlungen u. dgl. mehr. Die Versuche, den Torf zu verspinnen und daraus Kleiderstoffe, Vorhänge, Decken, Zündhölzchen herzustellen, sind bisher gescheitert.

Die Moore sind für die Wasserwirtschaft eines Gebietes von großer Bedeutung, da sie das Wasser aufspeichern, dadurch regulierend wirken und den Stand des Grundwassers beeinflussen können.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein).

In der Sitzung am 8. März berichteten zunächst der Vorsitzende, Geheimrat Dr. Kohlshütter, über die Neuorganisation des italienischen Wetterdienstes und Dr. Niehoff über die zum Schutze des westöstlichen Luftverkehrs geplante aerologische Station in Fürth. Alsdann sprach Dr. G. Wüst über die Verdunstung auf dem Meere. Daß die Angaben über die Größe der Ozeanverdunstung bisher so wenig übereinstimmen, liegt nicht in der Methode der Messung, sondern in der Reduktion der in Gefäßen einige Meter über dem Meere gemessenen Verdunstung auf die Meeresoberfläche selbst. Zur Bestimmung dieses Reduktionsfaktors k können drei Wege eingeschlagen werden, nämlich 1. die Ermittlung des gesamten Wärme- und Wasserhaushaltes in einem abgeschlossenen Meeresbecken, z. B. der Adria oder des Mittelmeeres, 2. die Berechnung der auf dem Meere für die Verdunstung verfügbaren Wärmemengen (Verfahren von Wilh. Schmidt, Wien) und 3. die direkte Messung der Verdunstung in den untersten Luftschichten unter Berücksichtigung der Aufstellungs- und Gefäßeinflüsse. Die Übereinstimmung der drei Methoden gibt ein Maß für die Zuverlässigkeit des Reduktionsfaktors. Der Vortragende hat die dritte Methode durch eigene Versuche und Neuberechnung der Beobachtungen anderer Forscher, insbesondere von Lütgens und Merz, verbessert.

Faßt man die Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüsse unter dem Namen „Verdunstungspotential“ zusammen, so läßt sich das Verhältnis von Verdunstungsmenge und Verdunstungspotential angenähert als lineare Funktion der Windgeschwindigkeit darstellen, und zwar ist die so abgeleitete Formel für die verschiedensten Klimate gültig. Um die Unterschiede zwischen den meteorologischen Faktoren an der Meeresoberfläche und in Bordhöhe zu bestimmen, hat Herr Wüst auf der Ostsee die vertikalen Gradienten von Temperatur, Feuchtigkeit und Temperatur zwischen der Meeresfläche und 9 m Höhe bestimmt. Es ergab sich dabei eine sehr interessante Sprungschicht für Temperatur und Dampfdruck infolge der temperaturerhöhenden Wirkung des Schiffes. Selbst die mit einem Aspirationspsychrometer gemessenen Temperaturen sind auf einem Schiffe meist um mehrere Zehntelgrade höher als die wahren Lufttemperaturen in dieser Höhe. Der Wind hat einen ausgeprägten Geschwindigkeitssprung unmittelbar über der Meeresoberfläche. Berücksichtigt man diese verschiedenen Einflüsse, so ergibt sich als Gesamtreduktions-

faktor: $k = 0,48 \pm 0,08$. Die aus Verdunstungsmessungen auf Schiffen abgeleiteten Mittelwerte sind also um 52 % zu erniedrigen, um die wirkliche Verdunstung des Meeres zu erhalten. Wilh. Schmidt hatte nach der oben erwähnten zweiten Reduktionsmethode $k = 0,43$ gefunden, so daß Herr Wüst das Mittel beider Zahlen ($0,45 \pm 0,05$) für den wahrscheinlichsten Reduktionsfaktor hält.

Die regionale Verteilung der Verdunstung läßt sich für den Atlantischen Ozean ziemlich genau ermitteln. Erweitert man diese Rechnung auf die anderen Ozeane, so erhält man als mittlere Verdunstungshöhe V für das ganze Weltmeer 2,24 mm im Tag oder 82 cm im Jahr. Als Gesamtniederschlag N gibt Herr Wüst 73 cm im Jahr an. Der Salzgehalt ist keine direkte Funktion des Niederschlags, sondern hängt ab von der Differenz $V - N$, von den Meeresströmungen, Eisverhältnissen u. dgl. Die zonale Verteilung des Salzgehaltes S zwischen 40° S und 60° N läßt sich durch die Formel wiedergeben:

$$S = 35,74 + 0,013 (V - N).$$

Im Anschluß an den Vortrag des Herrn Wüst zeigte Herr Geheimrat Bindemann einige Kurven vor, welche zur Ergänzung seiner Ausführungen in der Sitzung am 11. Januar (vgl. diese Zeitschr. 1921, H. 10, S. 173) den jährlichen Gang der Verdunstung für das freie Gefäß auf dem Grimnitzsee, für das Gefäß in einer Hütte am Ufer des Sees und für das Gefäß in einer Hütte des Potsdamer Meteorologischen Observatoriums wiedergaben. Sie beweisen u. a., daß aus den Potsdamer Werten bei geeigneter Reduktion auf den Grimnitzsee recht brauchbare klimatische Angaben über den Wasserhaushalt gewonnen werden können.

Sü.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Untersuchungen zur kausalen Analyse der Zellteilung (Alfr. Kühn, Arch. f. Entwicklungsmech. d. Org. Bd. 46, H. 2/3, 1920). Kühn versucht die Kernteilung einer kleinen Amöbenform, der *Valkampfia bistadialis* näher zu analysieren. Die normale Kernteilung dieser zu den sogenannten „Limaxamöben“ gehörigen Form war schon länger bekannt und besonders durch v. Wasielowski und Kühn 1914 ausführlich beschrieben worden. Der Kern besteht im Ruhestadium aus einem rundlichen achromatischen Binnenkörper, welcher von dem chromatischen Außerkern schalenförmig umgeben wird. Aus der Außerkernmasse gehen bei der Teilung die Chromatinsegmente hervor, die sich in einer Äquatorialplatte anordnen, ähnlich den Chromosomen der höheren Tiere. In der Anaphase werden die langgestreckten Kernfäden quer durchgeschnürt in zwei Stücke, eins für jeden Tochterkern. Der Binnenkörper streckt sich während der Teilung in die Länge und wird hantelförmig; seine beiden Enden werden als Polkörper bezeichnet, während das Mittelstück faserige Struktur erhält als sogenannte Binnenkörperspindel. Die Zahl der Chromatinsegmente in der Metaphase beträgt ungefähr 16—18. Es ist die Frage, ob es sich hier um eine Normalzahl handelt, für die auch das Boverische „Grundgesetz der Zahlenkonstanz“ gültig ist; ferner die Frage, ob der Binnenkörper wirklich der Teilungsapparat ist, und welche Kräfte bei der Kernteilung wirksam sind. Diese ursächlichen Faktoren der Kernteilung versuchte Kühn näher zu analysieren mit Hilfe von Abänderungen, Variationen des normalen Teilungs-

verlaufes. Es traten dreierlei verschiedene Abänderungen auf: 1. ein Unterbleiben der Plasmateilung im Anschluß an die Kernteilung, wodurch mehrkernige Individuen entstehen; 2. Mehrpoligkeit der Kernteilungen, und zwar sowohl dreipolige wie auch vierpolige Teilungen; und 3. eine Verschmelzung der Tochterkerne während der Telophase, wodurch Rieskerne erzeugt werden. Die Veränderungen traten vor allem in flach ausgebreiteten Kulturen mit dünner Kondenswasserschicht auf, wo sie noch künstlich vermehrt werden konnten auch durch Auflegen eines Deckglases. Für die kausale Analyse war besonders die Untersuchung mehrpoliger Teilungen bedeutungsvoll. Bei den dreipoligen Teilungen unterscheidet Kühn drei verschiedene Haupttypen, die er als „Dreistrahler, Dreiecke und Zweistrahler“ bezeichnet. Die Dreistrahler sind am häufigsten; bei ihrer Entstehung zieht sich die Chromatinsubstanz in drei Anhäufungen zusammen, statt wie sonst in zwei. Der Binnenkörper wächst zwischen den drei Chromatinansammlungen nach drei Richtungen vor, die einen Winkel von etwa 120° miteinander bilden. In den Nischen dieser Fortsätze entwickeln sich die Chromatinsegmente, deren Enden nach den benachbarten Polen gerichtet sind. Jedes freie Binnenkörperende wird zu einem Polkörper, zwischen denen die Binnenkörperspindel entsteht, die einen dreistrahligen Bau besitzt. Diese streckt sich in die Länge und reißt dann in der Mitte durch; auch die Chromatinfäden werden quer durchgeteilt und ihre Hälften gleiten nach den Polen, denen ihre Enden vorher zugewandt waren. Die Gesamtzahl der in den drei Mutterplatten vorhandenen Chromatinsegmente beträgt 16—18, also die Normalzahl. Bei gleichmäßiger Ausbildung erhält jeder Tochterkern gleich viel Fäden, jedoch $\frac{1}{2}$ weniger als bei normaler Zweiteilung.

Die Dreiecksfiguren entstehen in ähnlicher Weise, nur daß hier ein Pol, der „Hauptpol“ in der Entwicklung voraneilt, und entsprechend auch eine größere Chromatinmenge erhält als die beiden später sich entwickelnden Pole, die sogenannten „Nebenpole“. Zwischen diesen bildet sich bei den Dreiecken eine Nebenspindel, welche bei den Zweistrahlern ausbleibt, bei denen zwischen den Nebenpolen überhaupt kein Chromatin vorhanden ist. In ganz entsprechender Weise gibt es verschiedene Typen der vierpoligen Teilungen, die als „Vierstrahler, rhombenförmige Figuren mit und ohne Diagonalspindel und als Rechtecke“ bezeichnet werden.

In der auf die mehrpolige Teilung folgenden nächsten Teilung beträgt die Gesamtzahl der von den verschiedenen Schwesterkernen hervorgebrachten Chromatinsegmente nur die doppelte Normalzahl, also die gleiche Zahl, die bei der Entstehung der Schwesterkerne auf sie verteilt wurde. Wenn durch Verschmelzung der Tochterkerne in der Telophase Rieskerne gebildet werden, welche also den doppelten Chromatinbestand besitzen, so gehen bei der nächsten Teilung auch doppelt soviel Chromatinsegmente als normal aus ihnen hervor. In beiden Fällen hat also das Boverische „Grundgesetz der Zahlenkonstanz“ Gültigkeit.

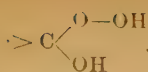
Neben der Klärung dieser Frage der Normalzahl der Chromatinsegmente erhalten wir durch die Analyse der Kernteilungsvarianten auch Aufschlüsse über die Kernteilungsmechanik, von denen hier nur einige wesentliche Ergebnisse mitgeteilt werden können: Die Faktoren, welche die Ausbildung der Polarität in der Teilungsfigur bestimmen, die Zwei- bzw. die Mehrpoligkeit, haben ihren Sitz im Binnenkörper, ebenso wie die Ursache der Trennung der Polkörper. Der

Zeitpunkt, in dem sich die Spindeln differenzieren, und ihre Sonderungsrichtung sind von der Entfaltung der Polkörper abhängig. Die Spindelstreckung erfolgt wahrscheinlich nicht durch Zugwirkung, sondern durch Längenwachstum der Spindel, wodurch die Pole auseinandergestemmt werden. Auch die Anordnung der chromatischen Masse in der Prophase, wie auch die weitere Entwicklung der Chromatinsegmente, zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Binnenkörperfigur, und zwar nicht nur das Tempo, sondern auch die Richtung der Gestaltsveränderung der Chromatinsegmente in ihrer Streckungsphase, also im Normalfall die Fadenform. So werden eine ganze Anzahl von Fragen durch die Analyse der mehrpoligen Teilungen geklärt. Die wichtigste der noch bestehenden Fragen, wodurch nämlich der Eintritt der ganzen Kernteilung bestimmt wird, soll in einem späteren, noch nicht erschienenen Teil der Untersuchung erörtert werden.

A. Pratje.

Über lichtkatalytische Vorgänge von physiologischer Bedeutung. Bei einem lichtkatalytischen Vorgang wird die Reaktionsgeschwindigkeit eines chemischen Prozesses durch Licht beschleunigt. Wirkt ein Stoff nur bei Gegenwart von Licht katalytisch, so ist er ein Lichtkatalysator. Straub hielt die fluoreszierenden Farbstoffe für Sauerstoff übertragende Lichtkatalysatoren; Neuberg, der die von Belichtung abhängige oxydative Wirkung der Salze von Metallen verschiedener Wertigkeit (z. B. Mangan- und Manganisalze) untersuchte, konnte, abgesehen von fluoreszierenden Anthrazenderivaten Straubs Befunde nicht bestätigen. Kurt Noack (Ztschr. f. Bot. 12, 1920, S. 273—347) zeigt nun, daß alle untersuchten fluoreszierenden Farbstoffe die Oxydation von in Pflanzen vorkommenden, nur bei Sauerstoffzutritt sich färbenden Chromogenen lichtkatalytisch beschleunigen. Durch Vergleich der Wirkung der fluoreszierenden Farbstoffe mit der von Wasserstoffsuperoxyd und auf Grund der Feststellung, daß die Färbung der Chromogene bei gleichzeitiger Gegenwart von belichteten fluoreszierenden Farbstoffen und Sauerstoffüberträgern wie MnSO_4 noch mehr beschleunigt wird als ohne die letzteren, kommt Verf. zu der Auffassung, daß bei Belichtung aus den fluoreszierenden Farbstoffen Farbstoffperoxyd entsteht. Gerade hier scheint dem Ref. jedoch noch nicht alles ganz geklärt zu sein, z. B. die spezifische Wirkung der Sauerstoffüberträger: CuSO_4 unterstützt besonders gut die oxydierende Wirkung von H_2O_2 , schlecht die des belichteten Eosins, für MnSO_4 ist es gerade umgekehrt.

Die fluoreszierenden Farbstoffe sind schon seit längerer Zeit bekannt durch ihre photodynamische Wirkung, d. h. durch ihre Eigenschaft, in Konzentrationen, die im Dunkeln ohne Einfluß sind, bei Belichtung Tiere (z. B. Paramácien) und Pflanzen zu schädigen, ja in kurzer Zeit sogar abzutöten. Der Verf. bringt den Beweis, daß auch diese photodynamische Wirkung auf Oxydationsvorgängen beruht. Die Resultate der Arbeit sind deshalb von besonderer Bedeutung, da auch das Chlorophyll zu den fluoreszierenden Farbstoffen gehört. Es fluoresziert im lebenden Blatt, wie Gieckhorn und neuerdings Stern (Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 38, 1920, S. 28) gezeigt haben, ist in den Chloroplasten also in echter, wohl lipoider Lösung vorhanden, da es in wässriger kolloider nur opalesziert. Woker hatte schon, auf Straub fußend, angenommen, daß aus Chlorophyll bei Belichtung Farbstoffperoxyd und bei diesem Vorgang durch Resonanzwirkung aus Bikarbonat eine tautomere peroxydische Verbindung entstehe, etwa



aus der sich die kondensationsfähige Gruppe



durch Abspaltung von O_2 bilden würde.

Da nach Wislicenus Kaliumbikarbonat durch H_2O_2 zu Ameisensäure reduziert werden kann, verzichtet Verf. auf die Annahme der Bildung eines peroxydischen Tautomeren der Kohlensäure, nimmt vielmehr an, daß nach Bildung des Farbstoffperoxyds Bikarbonat direkt zu einer kondensationsfähigen Gruppe im Sinne Wokers reduziert wird, wodurch der ursprüngliche Farbstoff unter Abspaltung von O_2 wieder hergestellt wird. Woker und Noack nehmen also im Gegensatz zu Willstätter und Warburg keine Bindung der Kohlensäure an das Chlorophyll an. Warburgs Arbeit¹⁾ über den Kohlensäureverbrauch lebender Pflanzen konnte von Noack noch nicht berücksichtigt werden. Die Bildung von Farbstoffperoxyd aus Chlorophyll würde Warburgs Forderungen für die Bildung des photochemischen Primärproduktes im wesentlichen entsprechen. Es müßte indes bis zu einem Gleichgewichtszustand bei Beginn der Assimilation Sauerstoff verbraucht werden (Induktionszeit!). Auch wäre eine Abhängigkeit der Lage des optimalen Sauerstoffdruckes von der Konzentration des Chlorophylles zu erwarten. Schließlich wäre mit der Peroxydbildung eine Energiespeicherung verbunden, die Warburg ablehnt. Als Acceptor im Sinne Warburgs, der sich aus Kohlensäure oder Karbonat-Anion auch im Dunkeln bilden könnte, käme Bikarbonat in Frage, das ja für Woker und Noack das Ausgangsmaterial für die Reduktion darstellt. Noacks Vorstellungen sind besser mit denen Warburgs in Einklang zu bringen als die Wokers, da nach dieser Autorin die Bildung des Kohlensäureperoxyds gleichzeitig mit der des Farbstoffperoxyds (durch Resonanz!) erfolgen soll. Eine Sekundärreaktion zwischen photochemischem Primärprodukt und Acceptor kann also bei Woker nicht eintreten, während sie nach Noack zwischen Chlorophyllperoxyd und Bikarbonat erfolgen würde. Bachmann.

Die Frage nach der Möglichkeit einer experimentellen Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses ist schon von den verschiedensten Seiten in Angriff genommen worden und hat auch schon da und dort zu bestimmten Teilergebnissen geführt. Einen neuen Beitrag liefert die Arbeit von J. Seiler (J. Seiler, Experimentelle Beeinflussung der geschlechtsbestimmenden Reifeteilung bei *Talaeporia tubulosa* Retz., Arch. f. Zellforschg. 15, 1920), die sich auf die Psychide *Talaeporia tubulosa* Retz. erstreckt. Die Geschlechtsvererbung erfolgt hier in folgender Weise: Es werden zweierlei Eizellen gebildet, solche mit 29 und solche mit 30 Chromosomen; das überschüssige Chromosom ist das Geschlechtschromosom. Die Spermatozoen dagegen besitzen alle je 30 Chromosomen. Aus den Eiern mit 29 Chromosomen gehen Weibchen, aus denen mit 30 Männchen hervor. Die Weibchen verfügen also über 59, die Männchen über 60 Chromosomen. Würde nun bei der Reifeteilung im Ei der Zufall über die Verteilung des x- (= Geschlechts-) Chromosoms entscheiden, dann müßte dieses ebensooft in dem Ei verbleiben als es in den Richtungskörper wandert, d. h. es müßten ebensoviele Eier mit 29 wie mit 30 Chromosomen gebildet werden; das männliche und das weibliche Geschlecht müßten sich, wie das ja so oft im

Tier- und Pflanzenreich der Fall ist, das Gleichgewicht halten. Das trifft nun hier tatsächlich nicht zu. Aus dem Verhältnis der männlichen und weiblichen Raupen- und Schmetterlingsstadien zwar darf man noch keinen Schluß ziehen, da hier andere Faktoren wie Sterblichkeit, Anfälligkeit für Parasiten usw. eine Rolle spielen können und auch wirklich spielen. Seiler stellte deshalb die Chromosomenzahlen junger Embryonen fest und fand das Verhältnis 100 ♀ : 83 ♂, also deutlichen Weibchenüberschuß. Dasselbe Ergebnis zeigte sich bei der Untersuchung der Reifeteilung, also in einem noch früheren Stadium. Man kann hier das Verhalten des Geschlechtschromosoms in vielen Fällen sehr leicht daran erkennen, daß es bei der Kernteilung den anderen Chromosomen stark nachhinkt. Auf Grund solcher Kernteilungsbilder konnte Seiler ermitteln, daß das x-Chromosom 61mal nach außen (in den Richtungskörper), 45mal nach innen (in den Eikern) wanderte. Das entspricht einem Verhältnis von 100 ♀ : 74 ♂, also wieder Weibchenüberschuß! — Im Anschluß daran versuchte Seiler, die Wanderrichtung des x-Chromosoms experimentell zu beeinflussen und dadurch das Geschlechtsverhältnis zu verschieben. Das gelang in zweierlei Weise, durch Überreife und durch Temperaturänderungen. Überreife der Eier erzielt man dadurch, daß man die Weibchen nach dem Schlüpfen 4 Tage in Klausur hält und erst am fünften begatten läßt. Der anatomische Befund ergab, daß nunmehr das x-Chromosom 101mal nach außen, 146mal nach innen wandert. Das Geschlechtsverhältnis ist nunmehr vertauscht; es kommen bloß 100 ♀ auf 144 ♂. — Dasselbe kann man durch Temperaturerhöhung erreichen. Die Weibchen werden nach der Begattung in Brutkästen von 30—37° gebracht und dann untersucht. Auf Grund des Verhaltens des x-Chromosoms wurde das Verhältnis 100 ♀ : 162 ♂ ermittelt; wiederum waren die Männchen stark im Überschuß. In derselben Weise kann man durch Verbringen der Weibchen in den Eisschrank (5° C) das Verhältnis zugunsten der Weibchen verschieben; das x-Chromosom zeigt jetzt die Tendenz, nach außen zu wandern, und es kommen jetzt auf 100 ♀ bloß 65 ♂. Jeder Temperaturlage entspricht also ein bestimmtes Prozentverhältnis, und man kann den Wärmegrad berechnen, bei dem gerade Gleichgewicht herrscht.

Das Wichtigste und Neue an diesen Experimenten ist, daß sich die Möglichkeit eröffnet, durch geeignete Variation der Temperaturhöhe jedes beliebige Sexualverhältnis zu erzeugen, und es wird vielleicht noch gelingen, unter bestimmten Konstellationen eine homogene rein männliche oder rein weibliche Nachkommenschaft zu erzielen. Natürlich spielen Temperatur und Überreife auch in der freien Natur für das Verhältnis der Geschlechter eine wichtige Rolle, und vor allem werden die jährlichen Klimaschwankungen stärkere Verschiebungen nach der einen oder der anderen Seite hervorrufen.

P. Stark.

Die Bedeutung der atypischen Spermatozoen. (R. Goldschmidt, Arch. f. Zellforschung Bd. 15, H. 3, S. 291—300, 1920.) Bei Schnecken und Insekten sind neben den normalen Spermatozoen noch eine zweite Art von Spermien beschrieben worden, die man als atypische Spermatozoen bezeichnet. Ihr Hauptcharakter ist das ganze oder teilweise Fehlen des Chromatins, und entsprechend redet man von apyrenen oder oligopyrenen Spermien. Über ihre Funktion sind die Ansichten geteilt. Die Versuche, welche beweisen sollten, daß auch die atypischen Spermatozoen zur Befruchtung kommen, kann man als fehlgeschlagen

¹⁾ Vgl. Ref. Seite 171.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 18. (Seite 289—358)

6. Mai 1921.

Neunter Jahrgang.

DEM PRÄSIDENTEN
DER
KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ADOLF VON HARNACK
ZUR FEIER
SEINES SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 20.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
20 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.
Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang
Berlin

Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(236)

Für die

Messung radioaktiver Quellen

ist bisher weder über die Meßmethode noch über die Maßeinheit eine Vereinbarung erzielt worden. Die Folge ist, daß die Wässer in der Praxis nach verschiedenen Methoden gemessen werden, die keine vergleichbaren Werte geben. Um eine **Vereinheitlichung** herbeizuführen, hat das **Sächsische Bergamt**, das die behördliche Aufsicht über das Sächsische Radiumwesen und insbesondere über die sächsischen Radiumbäder zu führen hat, die in Frage kommenden Radium-Institute, Radiologen und Radiumbäder Deutschlands, Oesterreichs und der Tschecho Slowakei zu einer Beratung auf den 27. Mai 1921 nach Freiberg in Sachsen eingeladen. Interessenten, die noch keine Einladung erhalten haben, wollen sich deswegen an das **Sächsische Bergamt, Freiberg in Sachsen** wenden.

(245)





Dr. v. Harnack

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

6. Mai 1921.

Heft 18.

DEM PRÄSIDENTEN

DER

KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR

FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

ADOLF VON HARNACK

ZUR FEIER

SEINES SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGES

Inhalt:

	Seite
Zehn Jahre Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Von dem Generalsekretär <i>F. Glum</i>	293
<i>Abderhalden, Emil</i> : Im physiologischen Institute der Universität Halle a. S. mit Mitteln der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften unternommene Untersuchungen	301
<i>Armbruster, Ludwig</i> : Über Werkzeuggebrauch bei Tieren	303
<i>Beckmann, Ernst</i> : Die Tätigkeit des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie von 1912—1921	305
<i>Bergmann, Max</i> : Die Struktur der Cellobiose	308
<i>Betz, A.</i> : Die Vorgänge beim Schraubenpropeller	309
<i>Correns, C.</i> : Der Einfluß des Alterns der Keimzellen auf das Zahlenverhältnis spalten- der Bastarde	313
<i>Goldschmidt, Richard</i> : Zur Entwicklungsphysiologie der Intersexualität	315
<i>Hahn, Otto und Lise Meitner</i> : Über das Arbeiten mit radioaktiven Substanzen	316
<i>Hartmann, Max</i> : Über den Ersatz der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Regene- ration, ein experimenteller Beitrag zur Physiologie des Todes und der Fortpflanzung.	318
<i>Herzog, R. O., und W. Jancke</i> : Röntgenspektrographische Beobachtungen an hoch- molekularen organischen Verbindungen	320
<i>Heyn, E.</i> : Über Eigenspannungen in Metallen, ihre Ursachen und Folgen	321
<i>Lenz, Fr.</i> : Schlamm-schichtung in Binnenseen	325
<i>Liesche, Otto</i> : Das Molargewicht und seine Rolle in der Methodik der chemischen Forschung	330
<i>Neuberg, Carl</i> : Gärung und Synthese	334
<i>Polanyi, M.</i> : Faserstruktur im Röntgenlichte	337
<i>Rubner, Max</i> : Die Lage der Ernährungswissenschaft in Deutschland	340
<i>Stock, Alfred</i> : Aus der anorganisch-chemischen Abteilung des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie	342
<i>Thienemann, August</i> : Seetypen	343
<i>Vogt, Cécile</i> : Einige Ergebnisse unserer Neurosenforschung	346
<i>Vogt, Oskar</i> : Ergebnisse der Analyse gewisser Merkmale einiger Insektengattungen	350
<i>Warburg, Otto</i> : Theorie der Kohlensäureassimilation	354

Berlin, den 7. Mai 1921.

Hochverehrte Exzellenz!

Wenn Ihnen heute auf der Schwelle eines neuen Jahrzehnts Schwager Kronos begegnet, können Sie leichten Grußes vorüberwallen im gefestigten Bewußtsein, daß er Ihrem erfolgreichen Schaffen keinen Einhalt zu bieten vermag. Auch zu rückschauender Betrachtung Ihres Werkes kann er Ihnen nur äußeren Anlaß geben. Und wie sollten andere quellendes Leben fassen wollen, das unter den Händen entströmt! So erachte ich es für ausgeschlossen, die Größe und Vielseitigkeit Ihres Wirkens heute in Worten zu messen. Das Wenige, das ich aus meinem Erinnern beizutragen habe, wollte ich dem Herausgeber gleichwohl nicht weigern. Verdanke ich es doch der Gunst des Schicksals, die mich seit einem Menschenalter in Ihre Nähe gerückt hat.

Unvergessen ist mir die sieghafte Entschlossenheit, mit der einst unser Freund *Althoff* kirchlichen Einwendungen zum Trotz Ihre Berufung an die Berliner Universität durchsetzte. Es war die Zeit, da die Harvard-Universität dem Märtyrer jenseits des Ozeans eine Stätte zu bereiten trachtete. Das kaiserliche Vertrauen in Ihr Kirchentum, das den Ausschlag gab, haben Sie nicht enttäuscht. Mit Schrift und Wort sind Sie seither oftmals für die Wahrheiten des Christentums und für kirchlichen Aufbau eingetreten. Nicht Ihr Fehler war es, wenn die Kirchenleitung Ihr starkes Können nicht ausgiebiger zu nutzen verstand. Die katholische Kirche hat sich Ihrem Wert nie verschlossen.

Was Sie seit jenen Tagen als Lehrer, als Freund und Berater in die Herzen der akademischen Jugend gesenkt haben, lebt in tausend und abertausend dankbaren Schülern jeglichen Bekenntnisses aus allen Ländern der Kulturwelt. Die deutschen Universitäten der neueren Zeit haben wenige so auserlesene Namen aufzuweisen, keinen, der Ihnen voranzustellen wäre. In erster Linie kam Ihre glänzende Lehrtätigkeit doch dem Vaterlande und der Heranbildung unserer Theologen zugute. Daß Sie auch der Universitätsverwaltung ein immer bereiter, oft gesuchter Helfer gewesen sind, habe ich Jahrzehnte hindurch zur Genüge erfahren.

Unmittelbarer trat mir freilich Ihr Wirken in der Akademie der Wissenschaften nahe. Zunächst wenigstens. Hatten Sie in dieser bereits durch Ihre Forschungen Heimatrecht gewonnen, so hat vielleicht niemand die Bedeutung dieser Institution für den Großbetrieb der Wissenschaft, für deren das Leben des Einzelnen überschreitenden Fortgang, klarer erkannt und überzeugender erschlossen als Sie. Der Meister der Dogmengeschichte wurde auch der Geschichtsschreiber der Berliner Akademie. Nicht minder aber setzte nun Ihre wissenschafts-organisatorische Arbeit ein, die vor allem in dem noch heute unter Ihrer Ägide stehenden Corpus der vornicänischen griechischen Kirchenväter Ausdruck fand. Ihnen nächst *Mommsen* und mit wenigen andern Großen ist es zu danken, wenn die Berliner Akademie der Wissenschaften heute eine unerreichte Zahl zusammenfassender Großunternehmungen aufzuweisen hat.

In dem Allen trat nicht nur Ihr die verschiedensten Wissensgebiete umfassender, die tiefen Zusammenhänge der Wissenschaften durchdringender Blick zutage. Nicht weniger vielmehr hervorragendes Gestaltungsgeschick und unerschöpfliche Arbeitskraft. So ergab es sich, daß beim Ausscheiden von *Wilmanns* als Generaldirektor der Königlichen Bibliothek über den Nachfolger kein Zweifel bestand. War der wissenschaftliche Bibliotheksdienst unter *Althoffs* Händen zu einem planmäßig aufgebauten, seiner selbst bewußten Berufszweige erwachsen, so galt es nun, einem Überwiegen der jugententwickelten Bibliothekstechnik vorzubeugen, indem die Person des Generaldirektors die wissenschaftlichen Ziele alles bibliothekarischen Arbeitens in den Vordergrund schob. Daß Sie auch dieser Aufgabe in bewunderungswürdiger Weise entsprochen haben, darf ich Ihnen in diesen Tagen Ihres Ausscheidens nachrühmen. Nach wohlgedachtem Plane, überall die Grenzen des Erreichbaren wachend, sind Sie der Ergänzung und inneren Ausgestaltung der Sammlungen nachgegangen, haben Sie die der Bewilligung der Mittel entgegenstehenden Schranken überwunden. Weit über unser Erwarten sind Sie aber auch technischer Schwierigkeiten Herr geworden, vor allem, wo es die Durchführung des gewaltigen Neubaus wie die zweckmäßige Einrichtung des Betriebes galt. Selbst in den Beamtenkörper kam durch die Verteilung der Verantwortlichkeiten und Heranziehung zu freiwilliger Mithilfe neue Arbeitsfreudigkeit. Wer Sie aus festlichen Anlässen in zwangloser Vereinigung mit dem ganzen Kreise männlicher und weiblicher Bibliotheksmitglieder bei heiterer

und geistgewürzter Rede gesehen hat, wird von der Einmütigkeit und Disziplin, mit der dieses Heer seinem Führer folgte, unauslöschlichen Eindruck gewonnen haben.

Ihrem umfassenden Geist war aber noch eine weitere und schwierigere Aufgabe vorbehalten. Als zuerst beim Frankfurter Gesangswettstreit 1909 der Kaiserliche Gedanke an mich herantrat, das Jahrhundertfest der Berliner Universität 1910 durch Inaugurierung großer Forschungsinstitute zu krönen, konnte ich schlechterdings keinen andern Rat geben, als auch dieses Werk Ihren Händen anzuvertrauen und Sie mit der erforderlichen Denkschrift zu beauftragen. Ich hatte zwar bei Ihnen selbst Bedenken zu überwinden, und auch in der Akademie traten hier und da Zweifel zutage, ob diese vorzugsweise auf naturwissenschaftliche Institute gerichtete Aufgabe dem Theologen eigne. Aber wo solche Zweifel auftauchten, wurden sie leicht durch die allgemeine Überzeugung besiegt, daß der Mann, der an die Spitze des Unternehmens trat, ein Gestalter der Wissenschaft war, wie wir keinen zweiten unter uns haben. So sieht nun die aus Anlaß jenes Jubeltags von Allerhöchster Stelle ins Leben gerufene Kaiser Wilhelm-Gesellschaft unter Ihrem Präsidium mit mehr als zwanzig Forschungsstätten bereits auf ein Jahrzehnt ihres Bestehens zurück. Und auch dieses Werk lobt den Meister. Ihre Einsicht und Hingabe hat sich in der Vorbereitung und Durchführung der verschiedenartigsten wissenschaftlichen und technisch-wissenschaftlichen Großinstitute bewährt. Auch durch die Stürme der Revolution und die Nöte des Valutaverfalls haben Sie die Gesellschaft siegreich hindurchgeleitet. Daß Sie selbst vor einer Denkschrift über ein so spezielles Fachgebiet wie die Textilforschung nicht zurückscheuten, wird Ihnen unvergessen bleiben. Und wie wäre Ihre Person aus unseren Sitzungen wegzudenken, in denen Sie des schwierigsten Stoffes in beispiellos klarer Zusammenfassung Herr zu werden und durch den Zauber Ihres Wortes die Herzen aller Hörer zu zwingen gewohnt sind. Noch unsere jüngste Zusammenkunft vom 18. März dieses Jahres gab dessen Zeugnis.

Kann ich es verschweigen, daß Sie auch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft von Anfang an ein wertvoller Förderer gewesen sind? Wenn die Hoffnungen auf reichere Mittel zur Behebung der Notlage sich verwirklichen, so zweifle ich nicht, daß Ihr überragender Einfluß und Ihr sachliches Urteil an der Spitze des Hauptausschusses für den Ausgleich der verschiedenartigen Wissenschaftsinteressen von besonderer Wichtigkeit sein wird.

Ich könnte fortfahren und hätte überall für Rat und Hilfe und freundschaftliche Gesinnung zu danken, mehr als es sich hier auszuführen geziemt. Wohl habe ich mich, je mehr Lasten sich auf Ihren Schultern häuften, der Befürchtung nicht erwehren können, daß die vielseitige Beanspruchung Ihrer wissenschaftlichen Arbeit Eintrag tun würde. Aber diese Sorge widerlegte sich erfreulicherweise schon, als nach Ihrem Eintritt in die Bibliothek fast Jahr für Jahr ein fingerdicker Band von Ihrer Hand an die Öffentlichkeit trat; wenn nicht größere Werke oder neue Auflagen in Arbeit waren. Wäre noch ein Zweifel möglich gewesen, Ihr Marcion, der als reifste Frucht langjähriger Studien just um die Weihnachtszeit erschien, hätte ihn entkräftet. Brauche ich angesichts dessen zu sagen, daß ich Sie gern noch sehr viel länger im Vollbesitz des akademischen Lehramts und an der Spitze der Staatsbibliothek gesehen hätte? Daß Ihnen Kraft und Freudigkeit zu neuem Schaffen bleiben, daß es Ihnen an segenvoller Arbeit auch so nicht fehlen wird, weiß jeder, der Sie kennt, und bleibt ein starker Trost.

Die geheimnisvollen Kraftquellen aufzudecken, aus denen Sie schöpfen, wird anderen Sterblichen kaum gelingen. Mit schlichtem Wort sagten Sie gelegentlich, daß Sie jede Sache so gut machten, wie Sie können, ohne um den Erfolg viel zu sorgen. Ein Schlüssel dafür, daß Sie den verschiedenartigsten Aufgaben mit gleichmäßiger Versenkung zu dienen vermochten. In *Goethes* Sprache heißt das: eine Sache um ihrer selbst willen tun. *Goethes* Lebensgefühl atmet aus Ihrem Tun, wie Sie Sich durch ein inniges Band mit ihm verknüpft fühlen und mir oft zu ihm ein freundlicher Führer gewesen sind. So offenbart sich auch in Ihnen, daß zur Überwindung menschlicher Hemmungen „sehr viel die Pflicht, unendlich mehr die Liebe“ vermag. Wieviele mögen andererseits Ihnen gegenüber erlebt haben, daß es gegen große Vorzüge kein anderes Rettungsmittel als die Liebe gibt.

Mag sich denn an Ihnen des Dichters Weisheit erfüllen:

„Ungehemmt mit heißem Triebe

Läßt sich da kein Ende finden,

Bis im Anschau'n ewiger Liebe

Wir verschweben, wir verschwinden!“

In alter Verehrung Ihr treu ergebener

F. Schmidt-Ott.

Zehn Jahre Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften.

Von F. Glum, Berlin.

Generalsekretär der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft.

Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften kann in diesem Jahre auf zehn Jahre ihres Bestehens zurückblicken. Sie hat bei ihrer Begründung eine Lücke in der Wissenschaftsorganisation Deutschlands ausgefüllt und wird, wie wir glauben, in Zukunft noch eine besondere Bedeutung für die Wissenschaftspflege haben. Wir pflegen sonst solche Abschnitte in der Geschichte einer Institution zu feiern und ihnen eine festliche Betrachtung zu widmen. Dazu ist heute nicht die Zeit. Wir können in Deutschland nach den schweren Prüfungen, denen wir ausgesetzt waren, und die wir noch zu bestehen haben werden, keine Feste feiern, zumal da die Not unseres Vaterlandes eine besondere Not der Wissenschaft ist, da wir wie im ganzen so auch hier in einem Ausschnitt unseres vaterländischen Lebens nicht wissen, wohin der Weg führt. In solchen Zeiten sollen indessen Menschen, die weiter wollen, durchwollen durch alle Hindernisse einer feindlichen Welt, sich darüber klar werden, was war, um nach Erkenntnis dessen, was gewesen ist, den Weg leichter zu finden in das, was sein wird. So möge unser Glaube an die Zukunft auch der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft eine rückblickende Betrachtung auf das, was die Gesellschaft seit ihrem Bestehen für die Wissenschaftspflege getan hat, rechtfertigen und uns die Kraft geben zu weiterem Wollen.

Es war einer der glücklichsten Einfälle des an organisatorischen Ideen so reichen Kaisers, anlässlich der Feier des hundertjährigen Bestehens der Universität Berlin zur Gründung einer Gesellschaft aufzufordern, die sich besonders die Förderung naturwissenschaftlicher Forschung zum Ziel setzen sollte. In dem großen Plane Wilhelm v. Humboldts zu einer Organisation der Wissenschaft und des höheren Unterrichts, auf dem die heutige Organisation der Wissenschaftspflege beruht, fehlte bisher neben den Akademien und Universitäten in Deutschland, bis auf wenige Ausnahmen, noch ein Glied, die relativ selbständigen Forschungsinstitute (Humboldt nannte sie in einer Denkschrift von 1809/10 „Hilfsinstitute“). Schon Humboldt hatte gesehen, daß die notwendige Verbindung von Forschung und Unterricht auf den Universitäten, die einer der wesentlichsten Punkte in seinem Programm für eine wissenschaftliche Gesamtanstalt war, die Gefahr in sich birgt, daß die Forschung darunter Schaden leidet, weil auf den Universitäten die Bedürfnisse der Lehre und des Unterrichts stets im Vordergrund stehen müssen. Darum wollte er zur Ergänzung reine Forschungsinstitute geschaffen wissen. Das Bedürfnis nach der Errichtung selbständiger Forschungsinstitute ist hundert Jahre, nachdem Humboldt zum ersten Male darauf hingewiesen hat, besonders für die

Naturwissenschaften in einer Weise gewachsen, wie es wohl selbst Humboldts geniale Voraussicht nicht erwartet hat. Man vergegenwärtige sich die Entwicklung, die allein die Chemie und die Physik in dieser Zeit genommen hat, den ungeheuren Aufschwung, ja, man kann geradezu sagen, die Schöpfung der technischen Wissenschaften aus dem Nichts in dieser Zeit, die gänzlich Verschiebung der Problemstellung und der Methode auf dem Gebiete der Botanik und Zoologie, die die Entstehung einer neuen Wissenschaft, der Biologie, zur Folge gehabt hat, die neuen Ziele und Aufgaben der Medizin, die sich in den letzten Jahrzehnten erst eigentlich zu einer Wissenschaft entwickelt hat. Wenn auch auf allen diesen Gebieten Großes, Epochemachendes gerade auf den deutschen Universitäten und den Technischen Hochschulen, die zu ihrer Ergänzung und Entlastung geschaffen wurden, ohne eine besondere Förderung selbständiger Forschung geleistet worden ist, so hat sich doch um die Wende des Jahrhunderts der Forschungsbetrieb rein äußerlich schon so verändert, insbesondere spezialisiert, daß auf vielen Gebieten die Hochschulen dem Forscher das Rüstzeug nicht mehr mitgeben konnten, dessen er für seine Forschungsarbeit bedurfte. Die Universitätslaboratorien und Institute mußten in erster Linie so ausgestattet werden, daß sie das nötige Material zur Belehrung und Ausbildung der heranwachsenden Jugend erhielten, worunter die Heranbildung von Gelehrten notwendig leiden mußte. Hinzu kam, daß die Anforderungen, die an den Professor gestellt wurden, durch die außerordentlich große Zunahme der Studierenden gerade auf dem Gebiete der Naturwissenschaften gleichfalls sich erhöhten. Diese Sachlage barg in sich die ernste Gefahr, daß die Wissenschaft, die wir Deutsche bisher weniger als eine nationale, als eine Angelegenheit der gesamten Menschheit anzusehen gewohnt waren, in ihrer möglichen Entwicklung dadurch gehemmt wurde, daß ein ganzes Geschlecht von Forschern, das die bahnbrechenden Geister mit Stolz zu seinen Ahnen zählen konnte, durch das Fehlen von Hilfsmitteln und von Zeit an der vollständigen Ausnutzung seiner Forscherfähigkeiten gehindert wurde. Hinzu kam, daß in einer Zeit, in der durch die fremden Nationen in den Wissenschaftsbetrieb immer mehr der Gedanke des nationalen Wettbewerbs Eingang gefunden hatte, und die Wissenschaftspflege auch zu einem Mittel der auswärtigen Politik geworden war, der Gedanke einer Überflügelung auf wissenschaftlichem Gebiet durch fremde Nationen für eine junge selbstbewußte Nation, wie die deutsche, nicht leicht erträglich erschien. Die Gefahr, daß Deutschland auf dem Gebiete der Naturwissenschaften von anderen Nationen übertroffen wer-

den könnte, die bereits von manchem in banger Sorge ausgesprochen wurde, war kein bloßes Phantom. Sie war geeignet, nicht nur den nationalbewußten Wissenschaftler und Politiker zu schrecken, sie mußte auch den Wirtschaftler bei den heutigen engen Zusammenhängen von Wissenschaft und Wirtschaft nachdenklich machen. Tatsächlich wurden von den verschiedensten der fremden Nationen, besonders von Frankreich, England und den Vereinigten Staaten außerordentliche Anstrengungen gemacht, die Führung in der Weltwissenschaft an sich zu reißen. Auf die Errichtung von großen, mit den reichsten Mitteln ausgestatteten Forschungsinstituten, besonders chemischen, biologischen und experimentell-medizinischen waren ihre Bemühungen besonders gerichtet, es sei nur an die von Lord Ramsay und Richards gegründeten chemischen Institute in England und Amerika erinnert, an das Nobel-Institut in Schweden, an die Carnegie- und Rockefeller-Institute, an die außerordentlichen Aufwendungen der Royal-Institution of Great Britain, das Collège de France, die einzigartige Pflege der Paläontologie in den Vereinigten Staaten, in Frankreich und im British Museum, an das Institut Pasteur in Paris und die Instituts Pasteur in Lille und den französischen Kolonien, die Thompson Yates Laboratories, das Lister Preventive Institute, das Gordon-Memorial-Institute in Khartum und das Henry-Phipps-Institute in Philadelphia.

Heute können wir nur schwer begreifen, daß der Staat für das seit Jahrzehnten vorhandene Bedürfnis, die reine Forschung in besonderer Weise zu fördern, bis zum damaligen Augenblick keine Mittel zur Verfügung hatte, in Zeiten, die im Vergleich mit heute so glücklich waren; es waren das noch Zeiten, in denen jedem Finanzminister das Lob der alten preußischen Sparsamkeit als das höchste Ziel vorschwebte, in denen man die Steuerschraube nur sehr vorsichtig anziehen bemüht war. Und doch, hier war ein Bedürfnis zu befriedigen, demgegenüber die Berufung auf die preußische Sparsamkeit nicht am Platze war, indem die höchsten Güter der Nation auf dem Spiele standen, nicht nur die ideellen, sondern auch die wirtschaftlichen. Um so größeren Dank sind wir dem Kaiser und nach ihm den Männern schuldig, die vor zehn Jahren den Gedanken, Forschungsinstitute zu gründen, als eine Pflicht der Nation postulierten, indem sie die Pläne Wilhelm v. Humboldts wieder aufnahmen und an jene vorausschauende Tat des preußischen Staates erinnerten, der in der Zeit seiner größten Erniedrigung den Mut hatte, die Universität Berlin zu gründen, trotz aller Ungunst der Verhältnisse, ja, gerade deswegen! Vor allem müssen wir hier des großen Gelehrten gedenken, dessen klarer, eindringlicher und damit überzeugender Darlegung der Notwendigkeit und der zu ihrer Verwirklichung führenden Wege — vor dem Monarchen, den Ministern und ihren Räten sowie vor

den angesehenen Männern des Wirtschaftslebens, die dann das neue Unternehmen verwirklicht haben —, es in erster Linie zu verdanken ist, daß der Plan zum Leben erstanden ist, Adolf v. Harnacks.

Die einzelnen Vorgänge, die im Jahre 1911, zur Gründung der Kaiser-Wilhelms-Gesellschaft geführt haben, sind wohl allgemein noch so bekannt, daß hier von ihrer Wiedergabe abgesehen werden kann. Der Kaiser rief. Etwa zweihundert angesehene Männer und Frauen des deutschen Wirtschaftslebens folgten sofort dem Rufe, gründeten unter dem Protektorat „Seiner Majestät des Deutschen Kaisers, Königs von Preußen“ eine Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, die hauptsächlich den Zweck haben sollte, naturwissenschaftliche Forschungsinstitute zu errichten und zu erhalten, und statteten die Gesellschaft mit sehr erheblichen Mitteln aus. Konnten auch die Summen, die so aufkamen, lange nicht so groß sein wie die, die einzelne reiche Leute in Amerika für ähnliche Zwecke aufgebracht hatten, so konnte doch in enger Gemeinschaftsarbeit mit dem Preussischen Staat und dem Reich, vor allem dem Preussischen Kultusministerium, bald Großes in Angriff genommen werden. In den zehn Jahren des Bestehens der Gesellschaft sind insgesamt zwanzig Kaiser-Wilhelm-Institute entstanden, sowohl in Berlin-Dahlem wie in anderen Teilen Berlins, eine bedeutende Anzahl auch außerhalb der Reichshauptstadt.

Noch im Jahre 1911 gründete die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zusammen mit dem Verein Chemische Reichsanstalt (heute ist es die Emil-Fischer-Gesellschaft) das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem, das der chemischen Forschung in ihrem gesamten Umfange gewidmet ist. Hier arbeitete Beckmann über verschiedene Probleme organischer und anorganischer Art, insbesondere über Flammenfärbung, Molekulargewichtsbestimmungen nach der Siedepunkts- und Gefrierpunktmethode, über Stroh-aufschließung, Willstätter über Pflanzen- und Blütenfarbstoffe — seine epochemachenden Untersuchungen über das Chlorophyll sind ja auch in weiteren Kreisen bekanntgeworden — ferner über Zellulose, über Assimilation der Kohlensäure. Hier hat Stock ein eingehendes Studium der Chemie des Bors und des Siliciums getrieben, hier arbeiteten Hahn und Meitner über radiochemische Probleme, wobei es ihnen gelang, eine Reihe neuer radio-aktiver Elemente zu finden.

Neben dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie wurde das Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie errichtet, das mit der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft äußerlich in einem loseren Zusammenhang steht, da es von der Koppelstiftung zusammen mit dem Preussischen Staat begründet und von ihr und dem Staate unterhalten wird. Innerlich steht es den übrigen Kaiser-Wilhelm-Instituten so nahe, daß

diese es als zu der gleichen Familie gehörig betrachten und nicht als Stiefgeschwister ansehen. Hier wurde von *Haber* die Schlagwetterpfeife erfunden, während des Krieges wurden für die Verteidigung wichtige Arbeiten auf dem Gebiete des Gasschutzes unternommen, weitere Versuche mit der Anwendung von Blausäure zur Bekämpfung von Ungeziefer, die für die Schädlingsbekämpfung von großer Bedeutung sind, gemacht und technische Fragen in bezug auf die Anwendung des Acetylens, speziell für Kraftwagen, gelöst, hier arbeitete *Franck* über das Atommodell und führte den Nachweis, daß die Erscheinungen, die beim Elektronenstoß (bei den Gasen, Wasserstoff und Helium) auftreten, sich auf Grund des Bohrschen Atommodells erklären lassen, und *Freundlich* beschäftigte sich mit kolloidchemischen Fragen, insbesondere der Erzaufbereitung vom kolloidchemischen Standpunkt, während *Flury* und *Haase* besonders um biologische Fragen sich bemühten.

Den beiden chemischen Instituten benachbart, ebenfalls in Dahlem, entstand auf dem Gebiete der biologischen und medizinischen Wissenschaften das *Kaiser-Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie*, das der Erforschung und Bekämpfung der Infektionskrankheiten gewidmet ist. Hier haben *Wassermann* und *Neuberg* während des Krieges über die Darstellung von Impfstoffen für die Armee und *Wassermann*, zum Teil in Gemeinschaft mit *Ficker*, über Infektionskrankheiten gearbeitet. *Wassermann* ist vor allem der Ausbau der Serodiagnostik der Syphilis gelungen, Untersuchungen, die in letzter Zeit die Grundlage zu der Aufklärung dieser Reaktion gegeben haben.

In unmittelbarer Nachbarschaft wurde das große *Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie*, das sich die Förderung der allgemeinen experimentellen Biologie, insbesondere der Vererbungslehre, der Entwicklungsmechanik, der Protozoenkunde und verwandter Disziplinen als Aufgabe gestellt hat und auch eine physiologisch-chemische Abteilung besitzt, gegründet. In diesem Institut hat *Correns* unter anderem die Vererbungserscheinungen der Buntblättrigkeit, das Zustandekommen der verschiedenen Geschlechtsformen höherer Pflanzen und das Geschlechtsverhältnis untersucht und das letztere auf verschiedene Weise weitgehend abändern können. *Spemann* stellte hier seine Experimente über embryonale Transplantationen und andere wichtige Probleme der Entwicklungsmechanik an. *Goldschmidt* beschrieb und analysierte das Phänomen der Intersexualität, begann die Genetik der geographischen Variation aufzuhellen und bearbeitete weitere mit Vererbung, Artbildung, Zellforschung und Entwicklungsphysiologie zusammenhängende Fragen. *Hartmann* untersuchte die Physiologie der Fortpflanzung und Befruchtung, sowie die Erscheinungen des Alterns und der Verjüngung bei niedrigen Lebewesen, speziell Einzellern, wobei die weitreichende Rolle der Außenbedingungen

auf diese Lebensvorgänge nachgewiesen werden konnte. Ferner wurden Fragen der Variabilität, Vererbung und Entwicklungsphysiologie der Protisten behandelt. Das Arbeitsgebiet von *Warburg* ist die physikalische Chemie der Lebensvorgänge. Seine Untersuchungen behandeln die Entwicklungserregung des tierischen Eies, die Zellatmung, die Narkose, die Assimilation der Salpetersäure und die photosynthetische Assimilation der Kohlensäure. *Herbst*, der als auswärtiges Mitglied dem Institut angehört, führte Experimente zum Problem der Vererbung erworbener Eigenschaften aus. Endlich ist diesem Institut eine Forschungsstelle für Bienenbiologie und Bienenzüchtung angegliedert, in der *Hartmann* und *Armbruster* theoretische und praktische Probleme des Bienenlebens untersuchen.

In diesem Zusammenhange ist ferner das *Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie* in Berlin zu erwähnen, das in erster Linie der Pflege der Physiologie, Pathologie und Hygiene der körperlichen und geistigen Arbeit gewidmet ist. Hier wurden unter der Leitung *Rubners* zahlreiche Arbeiten gemacht, die mit der Kriegsernährung im Zusammenhang standen sowie Ausnutzungsversuche verschiedener Nahrungsmittel angestellt. *Thomas* veröffentlichte mehrere Arbeiten, die auf dem Gebiete des intermediären Stoffwechsels lagen und *Weber* führte Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit und Ermüdungsvorgänge des menschlichen Muskels aus.

Die Gründung eines großen allgemeinen physiologischen Forschungsinstituts, das von der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft geplant worden war und an dessen Spitze *Abderhalden* treten sollte, hat der Krieg verhindert. Indessen ist es bisher möglich gewesen, *Abderhalden* im physiologischen Universitätsinstitut in Halle eine breitere Forschungstätigkeit zu schaffen, als er mit den beschränkten Mitteln des Universitätsinstitutsetats hätte entfalten können. Umfassende Untersuchungen gelten der Auffindung der noch unbekannten in Spuren wirksamen Nahrungsstoffe und ihrer Wirkung auf die einzelnen Organe (Herz, Darm usw.) sowie auf die niederen Organismen (Hefezellen, Protozoen usw.). Ferner wurde hier besonders auf dem Gebiete der Eiweißchemie gearbeitet.

Einen anderen Teil ihrer Pläne auf dem Gebiet der Förderung der physiologischen Wissenschaften hat die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft verwirklichen können, indem sie durch eine große Stiftung in den Stand gesetzt worden ist, ein *Kaiser-Wilhelm-Institut für Hirnforschung* zu errichten, das in räumliche und personelle Verbindung mit dem Neuro-biologischen Laboratorium der Universität Berlin gebracht worden ist, dessen Direktor, *Oskar Vogt*, zugleich Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts ist. *Oskar Vogt* und *Cécile Vogt* beschäftigen sich hier vor allem mit dem Ausbau der Lokalisationslehre; hier arbeitet ferner *Bielschowski* über die feinsten Veränderungen des Gehirns bei Krankheiten. *Oskar* und

Cécile Vogt beschäftigen sich außerdem mit dem Studium der Psychologie der Neurosen und machten Vorarbeiten für das Problem vererbbarer Eigenschaften.

Die Kenntnis der Hydrobiologie und Planktonkunde der Binnengewässer vermittelt die *Hydrobiologische Anstalt* der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Plön in Holstein. Hier hat *August Thienemann* unter Benutzung des reichen Materials der holsteinischen Seenplatte Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers und der Zusammensetzung der Fauna in norddeutschen Seen, über die Lebensgemeinschaften eines Sees und ihre Abhängigkeit von dem Lebensraum angestellt. Der Erforschung der Flora und Fauna des Meeres ist die *Zoologische Station* der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Rovigno auf Istrien, unter Leitung *Krumbachs*, gewidmet, die im Kriege von den Italienern beschlagnahmt und noch nicht freigegeben worden ist. Beide Anstalten haben einer großen Anzahl von Forschern, die in ihnen Arbeitsplätze belegt haben, Gelegenheit zur Erkenntnis der für die biologische Forschung so wichtigen Flora und Fauna des Wassers gegeben. Sie sind von besonderer Bedeutung für die deutschen biologischen Institute, denen sie lebendes Material für ihre Forschungszwecke geliefert haben.

Auch einem verhältnismäßig jungen Zweige experimenteller Wissenschaft hat die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft Pflege angedeihen lassen. Außerordentliche Stiftungen haben sie in den Stand gesetzt, ein *Kaiser-Wilhelm-Institut für Biochemie*, unter Leitung von *Neuberg*, zu gründen. Wenn auch die Ungunst der Verhältnisse es bisher noch verhindert hat, daß das Institut ein eigenes Haus beziehen konnte, so ist es doch *Neuberg* möglich gewesen, in dem Kaiser-Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie über biochemische Probleme zu arbeiten. Von den Arbeiten, die *Neuberg* im Interesse der Landesverteidigung ausgeführt hat, sei nur die Herstellung eines künstlichen Glycerins hervorgehoben. Ihm gelang ferner die Aufklärung der wichtigsten Gärungserscheinungen und damit eines Zentralproblems der Biologie, daneben eine Reihe von Untersuchungen über die Synthese und den Abbau biochemisch wichtiger Substanzen und mancher Beitrag zur Wirkungsweise der Strahlenarten.

Für das Gebiet der Physik und der angewandten Mathematik hat die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gleichfalls Institute errichtet. So ist die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft durch eine große Stiftung eines ihrer Mitglieder in den Stand gesetzt worden, ein *Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik* zu begründen, das unter Leitung von *Einstein* die theoretische Physik pflegt. Dieses Institut hat eine von allen übrigen Anstalten der Gesellschaft abweichende Konstruktion. Es hat kein eigenes

Haus und kein Laboratorium, sondern ein Kuratorium berufener Physiker verteilt die vorhandenen Mittel, indem es bestimmt, welche Arbeiten unternommen, beziehungsweise welchen Gelehrten Unterstützungen und Instrumente zur Förderung ihrer Untersuchungen gewährt werden sollen. So ist es möglich gewesen, eine große Anzahl von Forschern der verschiedensten Hochschulen zu unterstützen.

Ferner hat die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, indem sie in Gemeinschaft mit der *Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Mathematik und Physik* eine *Aerodynamische Versuchsanstalt in Göttingen* errichtet hat, auch gewissen Problemen der angewandten Physik und Mathematik, insbesondere der Messung der Stärke der Windgeschwindigkeit und des Luftwiderstandes ihr besonderes Interesse zugewendet. Hier haben *Prandtl*, *Betz* und *Wieselsberger* sich mit den vorher erwähnten Problemen befaßt. Da die Flugzeugindustrie diesen Forschungen ein besonderes Interesse entgegenbringt, ist neuerdings ein besonderer Verein zur Förderung der Aerodynamischen Versuchsanstalt mit in die Reihen der Gönner der Anstalt getreten.

Auch auf dem Gebiete der Geisteswissenschaften hat sich die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft betätigt. So hat sie durch drei Expeditionen die *islamische*, die *iranische* und die *ägyptische Archäologie* gefördert. Im ersteren Falle sind unter der Oberleitung von *Sarre* durch *Herzfeld* Ausgrabungen in Samarra vorgenommen worden, die sehr interessante Ergebnisse über die Architektur des mesopotamischen Kalifats im neunten Jahrhundert nach Christi Geburt zutage gefördert haben. Im zweiten Falle handelte es sich um die Aufnahme und Untersuchung des Monumentes von Paikuli, eines bisher kaum bekannten und wissenschaftlich hochwertigen Denkmals sassanidischer Zeit, die ebenfalls von *Herzfeld* durchgeführt worden ist. In Ägypten wurden unter Leitung von *Mar Borchardt* die Darstellungen der Fremdvölker auf allen in Betracht kommenden Tempelreliefs und allen wichtigen Gräbern, insbesondere in Theben, photographisch festgelegt.

Mit der kunstgeschichtlichen Forschung ist die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft durch ein weiteres Kaiser-Wilhelm-Institut verbunden, die *Bibliotheca Hertziana* in Rom, eine große kunstgeschichtliche Bibliothek und Photographiensammlung, die mitsamt dem Palazzo Zuccari, in dem sie untergebracht ist, der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft von Fräulein *Henriette Hertz* nebst namhaften Kapitalbeträgen zu ihrer Unterhaltung vermacht worden ist. Die Bibliothek, die unter der Leitung von *Steinmann* steht, hat nach dem Kriege ihre Räume den Kunststudierenden verschiedener Nationen wieder geöffnet.

Schließlich hat die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft sich auch die Förderung der deutschen Geschichte angelegen sein lassen, indem sie ein *Kaiser-Wilhelm-Institut für Deutsche Geschichte*

in Berlin gegründet hat. Die Aufgabe dieses Instituts, dessen Leitung *Kehr* übernommen hat, besteht in der Erschließung der politischen und kirchlichen Geographie Deutschlands als Grundlage aller politisch-historischen deutschen Forschungen, ferner in der Erforschung der Urkunden und Quellen zur deutsch-spanischen Geschichte, in Sonderheit zur Geschichte Karls V., und der Veröffentlichung der politischen Korrespondenz Kaiser Wilhelms I.

Einen besonderen Typus von Kaiser-Wilhelm-Instituten stellen eine Reihe von Instituten dar, die zum Teil erst in allerjüngster Zeit entstanden sind, denen aber in der heutigen Zeit eine sehr große Bedeutung zukommt, da sie nicht nur eine Förderung der deutschen Wissenschaft, sondern auch der deutschen Wirtschaft verheißen. Es sind dies Institute, die die chemisch-biologische Erforschung der für die deutsche Industrie wichtigsten Rohstoffe beziehungsweise ihre technische Erprobung sich zum Ziel gesetzt haben und deren Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, ähnlich der Regelung, die bereits bei dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie und der Aerodynamischen Anstalt erwähnt worden ist, durch die nächstinteressierten Industrien ermöglicht ist.

Als erstes derartiges Institut wurde noch im Jahre 1912 das *Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung* in Mülheim a. Ruhr gegründet, zu dem die rheinisch-westfälische Kohlenindustrie und die Stadt Mülheim im wesentlichen die Mittel beigetragen haben. Hier hat *Franz Fischer* mit seinen Mitarbeitern sich dem großen Problem der Verflüssigung der Kohle, neuerdings auch dem des Aufbaus des Holzes sich zugewandt. Von besonderen Arbeiten seien solche über die Schmierölgewinnung aus Steinkohle, über die Destillation und Verbrennung der Kohle bei niedriger Temperatur, über das Tieftemperaturverfahren, über die Gewinnung von Tieftemperaturteer aus der Braunkohle, Untersuchungen der deutschen Steinkohlen zur Gewinnung von Urteer, ferner elektrochemische Arbeiten über die Leitfähigkeit der Kohlen, erwähnt.

Ein Schwesterinstitut ist das *Fritz v. Friedländer-Fuld-Institut für Kohlenforschung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Breslau*, das der Erforschung der schlesischen Kohle gewidmet ist und dessen Mittel von dem Stifter, nach dem es seinen Namen trägt, und neuerdings auch von der schlesischen Industrie aufgebracht worden sind. In dem Institut, das einstweilen noch unter besonders ungünstigen Verhältnissen arbeitet, sind von *Fritz Hofmann* Arbeiten über Basen des Urteers, über Urteerphenole, über die Isolierung und wissenschaftliche Aufklärung der in dem Phenolgemisch vorhandenen Individuen, ferner Studien des Pyridinkohlenextraktes, über die Wiederbelebung der gasförmigen Verbrennungsschlacken und über die Aufklärung der Stoffe, welche bei der Phenolnatriumschmelze entstehen, unternommen worden:

Der Gründung dieser beiden Institute für die Erforschung der Kohle folgte die Errichtung eines *Kaiser-Wilhelm-Instituts für Eisenforschung* durch den *Verein deutscher Eisenhüttenleute* in Düsseldorf, das gleichfalls die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft als Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in den Kreis ihrer Institute aufgenommen hat. Das Institut, das unter der Leitung von *Wüst* steht, hat erst in allerletzter Zeit eine provisorische, aber ausgedehnte und zweckentsprechende Heimstätte beziehen können. Immerhin können bereits Arbeiten über Härteprüfung durch die Kugelfallprobe, über die Schlackenbestimmung im Stahl, über das Rundwalzen des Drahtes, die unter der Leitung von *Wüst* ausgeführt worden sind, genannt werden.

Außerdem ist gemeinschaftlich mit einem Verein, der aus Textilindustriellen gebildet worden ist, ein *Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie* in Berlin-Dahlem gegründet worden. Hier hat *Herzog* sich bisher mit dem Feinbau der Faserstoffe befaßt, dessen Zusammenhang mit der Festigkeit untersucht sowie über den Aufbau der künstlichen Faser gearbeitet. Er hat dabei gefunden, daß die Zellulose und Seide kristallisierte Stoffe sind, während das tierische Haar wesentlich komplizierter zusammengesetzt ist.

Auch ein *Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung*, zu dem die Metall erzeugende und verarbeitende Industrie erhebliche Mittel aufgewendet hat, ist jüngst unter Leitung von *Heyn* in Neubabelsberg errichtet worden.

Neben diesen größeren Unternehmungen hat sich die Gesellschaft noch einige kleinere angelegen sein lassen. So hat sie zeitweise die eigenartigen biologischen Forschungen des Barons von *Uexküll* unterstützt, desgleichen die biologisch-therapeutischen Forschungen von *His* in bezug auf radioaktive Substanzen, die Forschungen von *Schilling* zur Bekämpfung der Schlafkrankheit in Afrika, die Studien der *Deutschen Versuchsanstalt für Luftschiffahrt* und die *Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie* in München.

Angesichts dieser Unternehmungen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft können wir, ohne pro domo zu sprechen, sagen, daß die zehn Jahre des Bestehens der Gesellschaft Jahre der Arbeit, der Leistung und der Entwicklung gewesen sind. Jahre der Arbeit, der Leistung und der Entwicklung nicht nur in dem, was die Gesellschaft getan hat, um die Arbeit der Wissenschaft zu fördern, sondern auch in dem, was die Wissenschaft unter dem Protektorat der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hervorgebracht hat. Dabei ist zu berücksichtigen, daß von diesen zehn Jahren drei Jahre der Vorbereitung, vier Jahre des Krieges waren, in denen ein großer Teil der in den Kaiser-Wilhelm-Instituten tätigen Forscher sich im Heeresdienst befanden und die auch sonst durch militärische Inanspruchnahme in ihrer Entfaltung gehemmt waren, und drei Jahre einer Leidenszeit, in der infolge der Entwertung des Vermögens der Ge-

sellschaft ihre Existenz in Frage gestellt schien. Daß wir heute voll Stolz auf die geleistete Forscherarbeit zurückblicken und uns der verheißungsvollen Anfänge neuen Strebens freuen können, verdanken wir dem vertrauensvollen Zusammenwirken dreier Faktoren, der Wissenschaft, dem Staate und der Wirtschaft. Der Leistungen der Wissenschaft ist schon gedacht worden, wenigstens soweit sie von den Forschern in den Instituten vollbracht worden ist. Nicht vergessen darf hier werden, was für das Beginnen neuer Unternehmungen der Rat außerhalb der Institute stehender Gelehrter bedeutet hat. Es seien hier nur die Namen der Männer genannt, die der Leitung der Gesellschaft ständig zur Verfügung gestanden haben: *v. Harnack*, der berufene Präsident der Gesellschaft, dann *v. Krehl*, *Nernst*, *Planck*, *Paul Ehrlich*, vor allem *Emil Fischer*, der mit *Harnack* zusammen acht Jahre lang der geistige Führer in allem, was die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft begonnen hat, gewesen ist. Der Staat hat allen Unternehmungen der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft seinen schützenden Arm geliehen. Wenn auch aus dem ursprünglich gehegten Plane einer Kooperation des Preußischen Staates mit der Gesellschaft auf der finanziellen Basis 1:1, derart, daß zu jeder Million, die die Gesellschaft aufbringen würde, eine Million vom Staate gegeben werden sollte, zunächst nichts geworden ist, die Gesellschaft vielmehr den Staat bei seiner Wissenschaftspflege entlasten sollte, so hat der Staat der Gesellschaft doch für ihre Dahlemer Institute die Grundstücke gegeben, er hat für einen großen Teil der Direktoren der Kaiser-Wilhelm-Institute staatliche Stellen bewilligt, darüber hinaus haben außer Preußen das Reich und auch einige andere Bundesstaaten erhebliche Mittel zur Unterstützung von einzelnen Kaiser-Wilhelm-Instituten zur Verfügung gestellt. Nicht weniger hoch als diese materielle Unterstützung, vielmehr höher noch, wird man den fürsorglichen Rat einschätzen müssen, den das preußische Kultusministerium bei der Gründung und seither der Gesellschaft hat zuteil werden lassen. In Dankbarkeit müssen wir hier vor allem des Staatsministers *Schmidt* gedenken, der von der ersten Anregung an, die zu der Entstehung der Gesellschaft geführt hat, bis zu seinem Aufsscheiden aus dem Amte die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gefördert hat und auch heute ihr mit seiner ganzen Persönlichkeit zur Seite steht. In der Zusammenarbeit von Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Kultusministerium hat, ohne daß dies in der Satzung Ausdruck gefunden hätte, immer eine Kooperation von Staat und Gesellschaft tatsächlich bestanden, wie sie idealer kaum gedacht werden kann. Der Dritte in diesem Bunde einer freien Arbeitsgemeinschaft ist die Wirtschaft gewesen. Hätten sich nicht 1911 freiwillig eine große Anzahl kapitalkräftiger Bürger aus dem Wirtschafts-

leben zusammengefunden, um die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zu gründen, um dem Staat diese Aufgabe abzunehmen, deren Übernahme seit langem eine nationale Notwendigkeit war, die er indessen aus Sparsamkeitsgründen selber zu erfüllen sich nicht imstande glaubte, und hätten sich nicht immer wieder Männer gefunden, die für besondere Zwecke große Stiftungen gemacht hätten, wir hätten heute kaum den zehnten Teil der Forschungsstätten, die hochherziger Bürgersinn geschaffen hat.

Auf dem engen Zusammenarbeiten von Wirtschaft, Staat und Wissenschaft beruht vor allem auch die Kraft der Institute, die zuletzt entstanden sind, und in denen wir einen besonderen Typus einer wissenschaftlichen Organisation zu erkennen glauben. Wir meinen jene Institute, die finanziell durch das wirtschaftliche Interesse einer besonderen geschlossenen Wirtschaftsgruppe gesichert werden, wie zum Beispiel das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, das Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung. Bei diesen Instituten wünscht das klug empfundene Interesse der einzelnen Wirtschaftsgruppen, indem sie auf die Arbeitsgemeinschaft mit der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft besonderen Wert legen, weniger eine finanzielle Unterstützung der Institute durch die Gesellschaft — sie sind stolz, die finanziellen Bedürfnisse der Institute im wesentlichen aus eigenen Mitteln zu befriedigen — als daß die Gesellschaft den Zusammenhang des einzelnen Instituts mit der Gesamtheit der Wissenschaft vermittelt und daß sie den in den Instituten arbeitenden Forschern die Garantie einer möglichst freien und unabhängigen wissenschaftlichen Betätigung gibt. Das hat, abgesehen von besonderen Klauseln, in den einzelnen Verträgen, die die Unabhängigkeit der Stellung des Direktors, der zudem meist Staatsbeamter ist, sichern, zu einer paritätischen Vertretung der Gesellschaft und der einzelnen Wirtschaftsgruppe in den Kuratorien der Institute geführt. Daß die Pflege der reinen Wissenschaft im Interesse der Wirtschaft liegt, hat die deutsche Industrie längst eingesehen, seit *Baeyer* die Konstitution des Indigo entdeckt und *Faradays* rein theoretische Entdeckung die heutige Dynamomaschine und damit die heutige Elektrizitätsindustrie geschaffen hat, und dieser Beispiele ließen sich noch viele anführen.

In diesem festen Zusammenschluß von Wirtschaft, Wissenschaft und Staat, gewissermaßen einer großen gemischtwirtschaftlichen Unternehmung, um ein heute sehr bekanntes Bild aus dem Rechtsleben zu gebrauchen, liegt unseres Erachtens die Gewähr für eine gesunde Weiterentwicklung der Gesellschaft, ja, darüber hinaus vielleicht eines Teils unserer Wissenschaftspflege überhaupt, für deren künftige Organisation die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft vielleicht noch einmal *mutatis mutandis* als Muster dienen könnte. In der heutigen Not unseres Vaterlandes wird der

Staat mehr als bisher die Wissenschaft unterstützen müssen. Denn verlieren wir den hohen Stand, auf dem sich unsere Wissenschaft einst befunden hat, es wäre nicht nur ein nicht wieder gut zu machender ideeller Schaden für unsere ganze nationale Entwicklung, es würde zugleich für unsere Wirtschaft, die mehr als je auf Qualitätsarbeit sich wird einstellen müssen, den Ruin bedeuten. Der einzelne kapitalkräftige Bürger, der einst den Staat entlastete, ist in seiner Leistungsfähigkeit geschwächt, die Gedanken des Wirtschafters sind vielfach, bis auf die der großen weitausschauenden Führer, mehr auf das gerichtet, was ihm zunächst am Herzen liegt. Da wird der Staat helfen müssen. Was der Preußische Staat vor hundert Jahren konnte, werden Preußen und das Reich unter ähnlich schwierigen Verhältnissen auch heute tun können. Ja, man wird wohl erwarten können, daß auch andere Länder außer Preußen der Wissenschaft die Unterstützung leihen werden, wie zu hoffen ist, daß für die nationalen Aufgaben, die die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft sich gestellt hat, in weiteren Kreisen Deutschlands Verständnis und Förderung sich finden wird. Daß dem Staat und dem Reich, wenn sie ein größeres Maß von Pflichten als bisher und damit eine größere Verantwortung der Gesellschaft gegenüber übernehmen, auch stärkere Rechte eingeräumt werden müssen, ist selbstverständlich. An die Stelle des Protektorats des Kaisers im monarchischen Staat werden die fachlich berufenen Organe des neuen Staates treten müssen. Jedoch sollte dieses Verhältnis des Staates zur Gesellschaft nie über das einer vertrauensvollen Kooperation hinausgehen. In der Freiheit und unabhängigen Stellung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft liegt ihre Stärke für die Wissenschaftspflege. Dessen sollte der Staat stets eingedenk sein und sich hüten, an ihre Stelle eine Bürokratisierung treten zu lassen, und zwar noch aus einem besonderen Grunde. Ganz allein wird der Staat in Zukunft die Wissenschaftspflege nicht betreiben können, er wird sich darauf beschränken müssen, die Weiterentwicklung der theoretischen Wissenschaften nach Kräften zu fördern. Die Zeiten des starken Staates sind für viele Jahre vorüber. Immer mehr werden öffentliche Aufgaben von großen Organisationen übernommen werden, die sich in und neben dem Staate gebildet haben. Unter ihnen werden die wirtschaftlichen Organisationen immer die stärksten sein. Wie groß die Aufgaben sind, die diese schon heute übernommen haben, zeigt als ein Beispiel ein Blick auf jene den besonderen Interessen der Wirtschaft dienenden Institute, auf die wir vorhin hingewiesen haben. Indessen sollten beide Teile sich bemühen, zusammen zu arbeiten. Diese besondere Art von Wissenschaftspflege der Wirtschaft im Zusammenhang mit der staatlichen Wissenschaftspflege zu halten, das ist ein Ziel, das der Staat im Interesse der universitas litterarum und nicht nur darum

nicht aus den Augen verlieren sollte. Andererseits sollte die Wirtschaft sich hüten, in ihrer Wissenschaftsförderung sich zu isolieren. Nur der Anschluß an die Gesamtheit der Wissenschaft schützt vor der Gefahr der Verknöcherung, des wissenschaftlichen Partikularismus.

Der dritte Faktor im Gesamtplane einer heutigen Organisation der Wissenschaftspflege, die Wissenschaft selber, ist wesentlich unorganisiert, trotz Fakultäten und Akademien. Das ist für sie ein Vorzug und ein Nachteil. Die Stärke der Wissenschaft als einer besonderen Macht im Staate beruht in Wirklichkeit nicht auf ihrer Organisation, als vielmehr auf der sittlichen Kraft ihrer Vertreter. Ob diese ausreichen wird gegenüber den anderen organisierten Kräften im heutigen Staate, zumal in Zeiten eines Niederganges, in denen die sittlichen Kräfte überall spärlicher werden, wird man indessen nicht mit Sicherheit voraussagen können. Daraus sollte auch die Wissenschaft die Lehre ziehen, mehr denn je besorgt zu sein, sich zusammenzuschließen. Solange dieser Zusammenschluß fehlt, wird der Staat wie bisher ihre Interessen mit vertreten müssen. Nur in der Zusammenarbeit der Vertreter aller dreier Mächte liegt das Heil für die Zukunft. Ein Gegeneinanderstehen können wir uns heute nicht leisten. In dieser Hinsicht scheint uns nun die Organisation der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, bereits in ihrer bisherigen, wie noch mehr in ihrer künftigen Gestalt, ein besonders glückliches Vorbild zu sein. In ihrem Senate werden künftig Vertreter der Wirtschaft und der Wissenschaft sitzen, von der Wirtschaft sowohl berufen wie vom Staate. Alle drei, Staat, Wirtschaft und Wissenschaft werden bei wichtigen Fragen zusammenwirken, auch eine Vertretung der Direktoren der Kaiser-Wilhelm-Institute zu schaffen wird in dem großen Verwaltungsorgan ins Auge zu fassen sein. Vielleicht findet sich auch noch ein Weg, die allgemeinen Interessen der Arbeiterschaft an der Wissenschaftspflege in der Organisation der Gesellschaft zur Geltung zu bringen. Der Gedanke der Versöhnung der Arbeiterklasse mit den anderen Klassen, der in der Arbeitsgemeinschaft einen so verheißungsvollen Anfang genommen hat, sollte auch bezüglich des Verhältnisses der Arbeiterschaft zur Wissenschaft sich durchsetzen, damit die unheilvolle Kluft, die heute zwischen den Besitzern wissenschaftlicher Bildung und der Arbeiterklasse entstanden ist, überbrückt wird, zum Heile unseres gemeinsamen Vaterlandes.

Was das Verhältnis der Kaiser-Wilhelm-Institute zu den anderen Faktoren der heutigen Organisation der Wissenschaft anbelangt, so hat auch hier *Wilhelm von Humboldt* den richtigen Weg gewiesen. Die Forschungsinstitute sollten nach seinem Plane zwischen Akademien und Universitäten stehen. Die Kaiser-Wilhelm-Institute haben je nach ihrer Arbeitsrichtung den Anschluß an die Universität oder die Technische Hochschule, vielfach auch an beide, gesucht, und Hochschulen

wie Staat haben ihnen die Zusammenarbeit in jeder Weise erleichtert. Viele in den Kaiser-Wilhelm-Instituten tätige Forscher gehören der Universität oder Technischen Hochschule als Ordinarien oder Extraordinarien an. In jüngster Zeit haben einzelne Institute auch Doktoranden den Zutritt zu ihren Laboratorien eröffnet, was wir im Interesse eines näheren Zusammenhangs von Forschungsinstitut und Hochschule sehr begrüßen. Daß die Leiter der Institute dafür sorgen, nur junge Leute auszubilden, die den Beruf zum Forscher in sich fühlen, braucht wohl kaum erwähnt zu werden, ein anderes Vorgehen würde dem ganzen Zweck der Errichtung besonderer Forschungsinstitute, den Forscher von den Pflichten des Universitätslehrers möglichst zu befreien, widersprechen. Auch zur Akademie ist ein näheres Verhältnis angebahnt worden, sowohl durch die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft selber und ihre wissenschaftlichen Beiräte, in die die Berliner und die Leipziger Akademie Mitglieder entsenden, wie zu einzelnen Instituten, von denen der eine oder andere Leiter der Berliner Akademie angehört. Daß der Zusammenhang nicht noch enger geworden ist, hängt wohl hauptsächlich damit zusammen, daß die derzeitige Verfassung der Akademie ein noch engeres Zusammenarbeiten nicht zuläßt.

Von der inneren Organisation der Kaiser-Wilhelm-Institute läßt sich sagen, daß sie sich in jeder Beziehung bewährt hat. Die verhältnismäßig sehr selbständige Stellung der Institute und ihrer Direktoren der Gesellschaft und dem Staate gegenüber, die Freiheit von etatsrechtlichen Bindungen, worin sie sich besonders von den Universitätsinstituten unterscheiden, und die Bewegungsfreiheit der wissenschaftlichen Mitglieder in den Instituten bedeuteten viel für ihre Leistungsfähigkeit und sollten ihnen unbedingt erhalten bleiben. Sie ist in jüngster Zeit dadurch etwas beeinträchtigt worden, daß eine Abhängigkeit von Tarifen und Besoldungsordnungen eingetreten ist, nicht immer zum Nutzen der produktiven Leistungsfähigkeit der Institute. Wenn auch daran in absehbarer Zeit sich schwerlich etwas wird ändern lassen, an einem sollte man festhalten, die in den Instituten arbeitenden Forscher, von den Leitern abgesehen, nicht für ihr ganzes Leben in den Instituten arbeiten zu lassen. — Ausnahmen werden natürlich die Regel bestätigen müssen. — Immer wieder sollte man jungen Gelehrten Gelegenheit geben, sich zu Forschern auszubilden. Das ist von Anfang an eines der wesentlichsten Ziele der Kaiser-Wilhelm-Institute gewesen. Vieles spricht für einen näheren Zusammenhalt der Institute unter sich. Diese werden heute eine Reihe von Aufgaben, besonders wirtschaftlicher

Art, besser gemeinschaftlich lösen, als daß jedes sich streng von dem anderen abschließt. Zu einer solchen Arbeitsgemeinschaft der Institute untereinander sind bereits hoffnungsvolle Ansätze vorhanden, die man weiter pflegen sollte.

Werfen wir noch einen Blick in die Zukunft. Die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft wird bei weiteren Unternehmungen — zunächst wird sie sich darauf beschränken müssen, ihre bestehenden Institute zu erhalten — ihre Aufgabe weniger darin sehen müssen, neue Institute zu gründen, als überall da ihre geistigen und materiellen Kräfte einzusetzen, wo sich neue Probleme für die Forschung zeigen und Forscher erscheinen, die der Wissenschaft bisher unbegangene Wege weisen. Sie wird dabei aus Gründen geistiger und wirtschaftlicher Ökonomie organisatorisch an das Vorbild des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik anknüpfen, durch ein Kuratorium von Berufenen Gelder zu verteilen, aber auch wissenschaftliche Hilfsmittel, die, wie es bei dem physikalischen Institut geregelt ist, Eigentum der Gesellschaft bleiben, und von ihr dem Forscher geliehen werden können, der sie am nötigsten gebraucht. Sie wird sich, wie bisher schon, auf die Naturwissenschaften nicht beschränken, sondern die Einheit der Wissenschaft auch in sich zu verkörpern versuchen, obwohl sie sich bewußt bleiben muß, daß sie in erster Linie als eine Gesellschaft zur Förderung der Naturwissenschaften gegründet worden ist. Sie wird, wie sich aus der veränderten Form der Forschungsorganisation, die wir vorher gestreift haben, von selbst ergibt, noch weiter, als sie es bisher schon versucht hat, über ganz Deutschland sich verbreiten müssen, nicht als Eindringling, sondern als ein überall hilfsbereiter Förderer, der zersplitterte Kräfte zusammenfaßt. Die Forschung ist nicht an Landstriche und Stammeseigentümlichkeiten gebunden. Eine Berliner, eine preußische Wissenschaft gibt es nicht, glücklicherweise, nur eine deutsche, im Grunde überhaupt keine, die an Nationalitätengrenzen gebunden ist. Ihre Organisation wird indessen die Interessen der Länder berücksichtigen, sie wird dezentralisiert sein, in ihrer Spitze darauf beschränkt sein müssen, zusammenzufassen, damit das große Ganze nicht aus den Augen verloren wird. Richtet die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Zukunft ihre Politik darauf ein und kommt neben der Organisation der Wirtschaft, die wir bereits haben, auch ein stärkerer Zusammenschluß der Wissenschaft, so hat die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft die historische Mission, die große *Deutsche Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften* zu werden zum Nutzen der Forschung und zur Ehre unseres Vaterlandes.

Im physiologischen Institute der Universität Halle a. S. mit Mitteln der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften unternommene Untersuchungen.

Von Emil Abderhalden, Halle a. S.

Noch lagert ein nur da und dort etwas gelüfteter Schleier über dem Wesen, dem Aufbau und vielfach auch der genaueren Wirkungsweise einer ganzen Reihe von Stoffen, von denen wir im wesentlichen ihre Anwesenheit nur aus bestimmten Wirkungen erschließen können. Sie haben in kleinen Mengen tiefgehende Wirkungen. Es gehören dahin die *Fermente*, jene eigenartigen Stoffe, mit deren Hilfe die Zelle ihr ganzes Getriebe aufrecht erhält. Bald sendet sie diese Stoffe aus, bald behält sie die Fermente im Zellinnern. Mit ihrer Hilfe baut sie ab und auf. Wir kennen kein einziges Ferment nach seiner Zusammensetzung, Struktur oder gar Konfiguration. Manches spricht dafür, daß der *physikalische Zustand maßgebend für die Fermentwirkung ist*. Spuren von Fermenten genügen, um große Umsetzungen zu erzielen. Wir sind, um sie gewinnen zu können, ganz und gar auf die Zelle angewiesen. Der Umstand, daß es gelungen ist, Zellfermente nach Zertrümmerung des Zellgefüges im wirksamen Zustand zu erhalten, macht uns nicht frei von der Lebenstätigkeit, denn ohne sie ist bis jetzt kein Ferment gewonnen worden. Wir kennen allerdings in der unbelebten Natur zahlreiche Stoffe, die ähnliche und vielleicht prinzipiell gleiche Wirkungen entfalten. Es sind dies die sog. *Katalysatoren*, doch dürfen wir zurzeit die Fermente und diese Stoffe nicht ohne weiteres in jeder Beziehung sich gleich stellen.

Eigenartige Wirkungen gehen ferner von bestimmten und vielleicht von allen Organen aus. Schon lange sind *Wechselbeziehungen zwischen bestimmten Organen* bekannt. Wir erkennen diese Beziehungen, wenn bestimmte Organe ihre Funktion einstellen, sei es, daß sie entarten oder aber entfernt werden. Es zeigen sich dann ganz charakteristische Ausfallerscheinungen. So wissen wir z. B., daß der Ausfall der Funktionen der Schilddrüse bei jungen Tieren zu schweren Störungen im Wachstum führt. Vor allem leidet auch die Entwicklung der Funktionen des Gehirns. Es tritt Verblödung ein. Der Kretin zeigt uns alle Züge eines Menschen, der der Funktionen der Schilddrüse entbehrt. Auch beim erwachsenen Individuum folgen der Vernichtung der Schilddrüsenfunktionen schwerste Störungen. Sie können verhindert oder behoben bzw. stark vermindert werden, wenn von der Schilddrüse auch nur ein kleiner Teil funktionstüchtig bleibt bzw., wenn Schilddrüsensubstanz an irgendeiner Stelle des Körpers eingepflanzt wird. Besonders wichtig ist die Feststellung, daß man auch durch Verfütterung von Schilddrüsensubstanz bei Personen und Tieren, die an Ausfallerscheinungen im Gefolge der mehr oder weniger stark einge-

schränkten oder ganz aufgehobenen Schilddrüsenfunktionen leiden, überraschende Besserungen der vorhandenen Erscheinungen erzielen kann. Es ergibt sich aus diesen Beobachtungen, daß offenbar die Schilddrüse — und das gilt nun auch für andere Organe — Substanzen hervorbringt, die in anderen Organen Wirkungen entfalten, ohne die diese bestimmte Funktionen nicht durchführen können. Solche Substanzen sind bereits erkannt. Es sei an das Adrenalin, das von der Marksubstanz der Nebenniere gebildet wird, an das Thyroxin, einen Inkretstoff der Schilddrüse, an das Cholin und an aminartige Substanzen der Hypophyse erinnert. Der weitaus größte Teil dieser, *Inkretstoffe* genannten Produkte ist uns noch unbekannt.

Wir stoßen noch einmal auf seltsame Stoffe, die in unserem Organismus und im tierischen Organismus überhaupt und vielleicht in jeder Zellart eine vielfach noch geheimnisvolle Rolle spielen, wenn wir der Nahrungstoffe gedenken, auf die in erster Linie eine fundamental wichtige Beobachtung von *F. G. Hopkins* aufmerksam gemacht hat. Er stellte fest, daß junge Ratten mit „reinen“ Nahrungsstoffen nicht wachsen. Füge er etwas Milch hinzu, dann trat Wachstum ein. Es müssen in der Milch in ganz geringen Mengen Stoffe vorhanden sein, die für das Wachstum unentbehrlich sind. Ihre Natur ist uns bis heute unbekannt. Bald stellte es sich dann heraus, daß es mehrere solcher Stoffe gibt. Auch der erwachsene Organismus bedarf ihrer zur Aufrechterhaltung der mannigfaltigen Zellstoffwechselvorgänge.

Es galt nun all diesen Stoffen nachzuspüren und festzustellen, welcher Natur sie sind und vor allem auch, in welcher Weise sie in Lebensvorgänge eingreifen. Die Fermente zeichnen sich dadurch aus, daß sie nur unter bestimmten Bedingungen wirken. Es spricht vieles dafür, daß das in dem Sinne aufzufassen ist, daß nur ein bestimmter Zustand — wohl die meisten Fermente gehören dem kolloiden Zustand an — die Wirkung der Fermentteilchen gewährleisten kann. Sie ist eine Funktion dieses besonderen Zustandes und seiner Wechselbeziehungen zum Dispersionsmittel und den in ihm vorhandenen Stoffen. Es gilt in dieser Richtung weiter zu forschen. *Vielleicht wird es dereinst möglich sein, durch Schaffung bestimmter Zustandsformen Fermentwirkungen mit bekannten Substraten zu bewirken*. Interessant ist ferner, daß die meisten Fermente außerordentlich spezifische Wirkungen zeigen. Schon sehr geringfügige Unterschiede in der räumlichen Anordnung der Atemgruppen führen dazu, daß ein Substrat von einem Fermente angegriffen oder

nicht verändert wird. An Hand bestimmter Fermente (Polypeptidasen) wurde die Frage verfolgt, ob bestimmte Fermente ein zusammengesetztes Substrat auch dann nicht abbauen können, wenn es unter seinen Bausteinen eine Reihe von solchen aufweist, die in der Natur vorkommen und die, wenn sie ausschließlich am Bau eines Produktes teilnehmen, durch Fermente aus ihrer Bindung herausgelöst werden, daneben aber einen fremdartigen Baustein besitzt. In der Tat wurde ein solches Substrat nicht abgebaut. Es gilt in dieser Richtung weiter zu forschen. Es genügt nicht, die Tatsache der Nichtangreifbarkeit eines solchen Produktes festzustellen, vielmehr muß der inneren Ursache des Ausbleibens der Fermentwirkung nachgespürt werden.

Für die Erforschung der oben erwähnten Inkretstoffe, d. h. jener Stoffe, die die einzelnen Organe aussenden, war es von größter Bedeutung, zu erfahren, ob sie hochmolekularer oder einfacherer Natur sind. Zahlreiche Forschungen waren dieser Fragestellung gewidmet. Es gelang, zu zeigen, daß mit vollständig abgebauten Organen, soweit unsere Kenntnisse reichen, gleiche Wirkungen erzielt werden können, wie mit den vollständigen Organen. Gudernatsch hat uns eine neue Möglichkeit der Erforschung der Inkrete erschlossen, indem er zeigte, daß Verfütterung von Schilddrüse und Thymus Wachstum und Metamorphose von Kaulquappen in ganz charakteristischer Weise beeinflussen. Die gleichen Wirkungen erhält man, wenn man die Organe mit Fermenten oder Säuren vollständig zerlegt. An einem umfangreichen Material wurden die einzelnen Wirkungen studiert. „Schilddrüsentiere“ zeigen eine überstürzte Metamorphose. Dabei bleiben sie klein. Die „Thymusdrüsentiere“ dagegen bleiben in der Entwicklung stehen, sie wachsen dagegen stark. Man erhält sehr große Kaulquappen. Auch die übrigen Organe zeigen mehr oder weniger deutliche Wirkungen auf Wachstum und Entwicklung von Kaulquappen.

Unser Ziel muß sein, aller Inkretstoffe habhaft zu werden. Erst dann wird man über ihre Wirkung eine klare Vorstellung erhalten. Man wird ohne Zweifel erkennen, daß sie in Kombination andere Wirkungen entfalten als einzeln. Die gesamte Pathologie wird von der genauen Kenntnis der einzelnen Inkretstoffe und ihrer Wirkungen neu befruchtet werden. Leider verhindert der Mangel an Organmaterial und derjenige an ausreichenden Mitteln zurzeit dem Problem der Isolierung von Inkretstoffen erfolgreich nachzugehen. Infolgedessen müssen wir uns darauf verlegen, für die von den einzelnen Organen hervorgebrachten Stoffe möglichst charakteristische Wirkungen festzustellen. Kennen wir solche Einflüsse, dann können wir sie als Wegleitung bei der Isolierung der wirksamen Stoffe verwenden. Wir fällen z. B. ein wirksames Extrakt und stellen

dann fest, ob der wirksame Stoff in der Fällung oder im nicht ausgefallenen Teil sich befindet. Diesem Ziele gelten Forschungen über die *Einwirkung bestimmter Organsubstanzen auf die Pupille, das Herz, die Blutgefäße, die glatte und quergestreifte Muskulatur usw.* Eine Reihe von gemeinsam mit Herrn Dr. Gellhorn ausgeführten Untersuchungen hat Ergebnisse gezeitigt, die als *Wegleitung bei der Gewinnung von reinen Inkretstoffen dienen können.*

Weitere Versuche beschäftigen sich mit dem *Einfluß von aus Organen gewonnenen Produkten auf Wachstum, Vermehrung, Widerstandsfähigkeit gegen bestimmte Gifte usw. von einzelligen Lebewesen.* Gemeinsam mit Frl. Dr. Schiffmann im Anschluß an frühere gemeinsam mit Frl. Dr. Koehler ausgeführte Untersuchungen vorgenommene Versuche versprechen weitere Anhaltspunkte für die Charakterisierung bestimmter Inkretstoffe zu geben.

In der gleichen Richtung liegen umfassende Untersuchungen über das *Wesen und die Bedeutung der oben erwähnten, noch unbekannten Nahrungsstoffe.* Man hat sie *akkzessorische Nahrungsstoffe, Ergänzungsstoffe, Vitamine, Nutramine usw. genannt.* Auch hier schwebt uns vor, *recht charakteristische Wirkungen aufzufinden, um an ihrer Hand Isolierungsversuche der wirksamen Prinzipien durchführen zu können.* Es zeigte sich, daß *Hefezellen* und andere Zellen durch aus *Hefe, Kleie* und anderen Stoffen gewonnene Produkte in der *Vermehrung* angeregt werden. Besonders bedeutungsvoll war die Beobachtung, daß *solche Produkte die alkoholische Gärung stark beschleunigen.* Auch an Organen wird die Wirkung dieser Produkte eingehend geprüft, einmal um hinter das *Wesen der Wirkung dieser unbekannten Stoffe zu kommen* und dann, *um bei Fällungen von Gemischen, in denen die wirksamen Stoffe enthalten sind, diesen folgen zu können.* Es wird sich ohne Zweifel herausstellen, daß es sich nicht um eine bestimmte Substanz mit einer bestimmten Wirkung handelt, vielmehr wird man auf eine Reihe solcher Substanzen stoßen. Schon deshalb ist es notwendig, möglichst viele Wirkungen bei den Gemischen der wirksamen Stoffe festzustellen, um dann bei Isolierungsversuchen jedem einzelnen Stoff mit besonderer Wirkung folgen zu können.

Es stellt sich immer mehr und mehr heraus, daß diese unbekannten Nahrungsstoffe tief in das Zellgetriebe hinein ihre Wirkung entfalten. *Die Assimilationstätigkeit der Zellen leidet, sobald jene eigenartigen Stoffe fehlen.* Der *Gaswechsel* ist herabgesetzt. Direkte Gaswechselversuche an einzelnen Organen (Muskeln), Zellen und Gesamtorganismen zeigen das: Mit dem Abfallen des Gaswechsels parallel geht eine Senkung der Körpertemperatur. Zahlreich sind die Ausfallserscheinungen, die auftreten, wenn bestimmte dieser unbekannten Nahrungsstoffe fehlen. Unser

Ziel muß sein, sie selbst kennen zu lernen und ferner in den feineren Mechanismus ihrer Wirkung einzudringen.

Die Inkretstoffe und die unbekannten Nahrungsstoffe haben das gemeinsam, daß sie in kleinen Mengen wirken. Beiderlei Arten von Stoffen sind unentbehrlich für den gesamten Stoffwechsel und zahlreiche Organ- und Zellfunktionen. Bei beiden ist es zurzeit sehr schwer zu entscheiden, ob bestimmte Folgeerscheinungen ihres Fehlens im Organismus primär oder sekundär bedingt

sind. Dieser Punkt erschwert die Beurteilung ihrer Bedeutung im einzelnen Falle so sehr. Eine Unsumme von Einzelarbeit wird notwendig sein, bis der Schleier, der noch über den erwähnten Problemen undurchdringlich ausgebreitet ist, gelüftet ist. Gelingt der große Wurf einer Aufklärung des Wesens und der Funktion dieser Stoffe, dann wird ohne Zweifel die gesamte Physiologie und Pathologie reichsten Gewinn davontragen. Unser Auge wird über weite Gebiete dieser Disziplinen einen klaren Überblick erhalten.

Über Werkzeuggebrauch bei Tieren.

Von Ludwig Armbruster, Berlin-Dahlem.

Das Bienenjahr 1920 sah den neuen Bienen Garten des K. W. I. für Biologie in noch ziemlich urwüchsigem Zustande. Dafür brachte uns der 30. Juli Erlebnisse mit Vertretern aus der Sippe der Bienen, die uns allen — vom Beobachter bis zum Laufjungen war alles herbeigeeilt — unvergeßlich blieben. Unser sandiger Waldstreif (vgl. Skizze), der dem Bienen Vater manche Sorge bereitete, hatte das Gute, daß wir (auf wie lange?) Nachbarn einiger Sandwespen (*Ammophila sabulosa* L.) geworden waren. So erhielt ich auch an jenem 30. Juli neben manchen (anderwärts zu veröffentlichenden) Anhaltspunkten und Versuchsdaten über das fabelhafte Orientierungsvermögen und die unglaubliche Muskelleistung der Sandwespen den schon lange erwünschten Aufschluß über die Art, wie *Ammophila* nach dem Beutefang ihr Nest zu verschließen pflegt und damit Aufschluß über einen merkwürdigen Fall von Werkzeugbenutzung bei Tieren.

Folgende Fälle von Werkzeugbenutzung bei höheren Tieren sind beschrieben: L. Heck erwähnt wiederholt einen japanischen Rotgesichtaffen (*Simia speciosa*, F. Cuv.) des Berliner Zoo, der „jedenfalls dank der leuchtenden Vorbilder unserer Aktionär- und Abonnentenjugend ganz famos mit Sand und Steinen werfen konnte wie ein Straßenjunge und diese schöne Kunst tagtäglich zum lautesten Jubel der Besucher übte, in der größten Wut und mit der unverkennbaren Absicht, seinem Gegner damit etwas Böses anzutun“. (Ähnlich, auch von Verf. beobachtet, Pavian und Drill.) Zenker beobachtete, wie ein altes Gorillamännchen abgerissene, grüne Zweige als Fliegenwedel benutzte. Schon längere Zeit ist auch bekannt (Matschie), daß die Kapuzineraffen (*Cebus*) Nüsse mit Hilfe von Steinen „aufknacken“.

Es mag uns nicht wundern, daß von den niedrigeren Tieren die Insekten, und zwar Hautflügler mit ihren bedeutenden psychischen Qualitäten, es sind, von denen ähnliches beschrieben wurde. Über die indischen Weberameisen (*Oecophylla smaragdina*) berichtete 1890 Ridley (seither wiederholt bestätigt; Abb. bei Doflein

1906, Ostasienfahrt, Leipzig), wie sie beim Nestbau die Blätter mit Spinnsekreten zusammenkleben und hierfür ihre eigenen Larven als „Spinnrocken und zugleich als Weberschiffchen“ (Doflein) benützen.

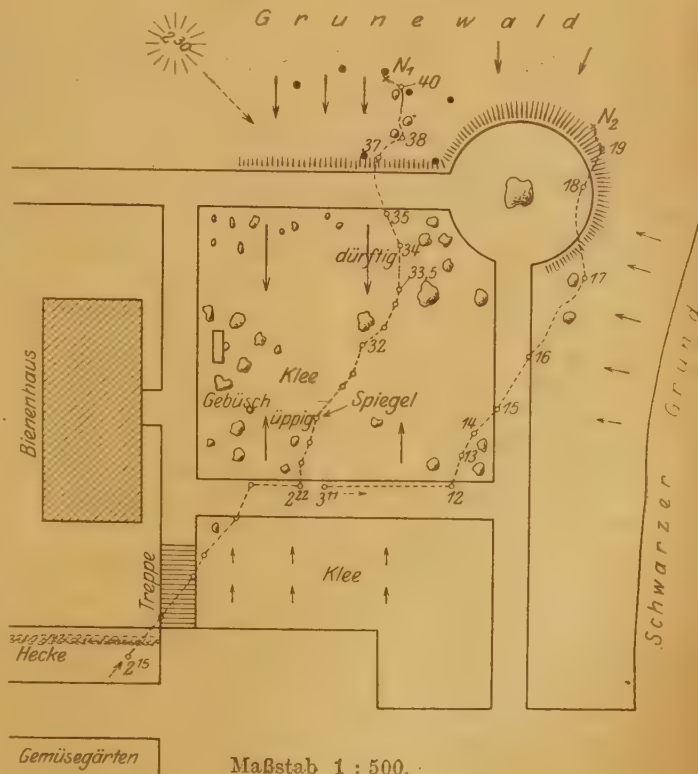


Fig. 1. Spur der Ammophilen. Zahlen = Zeitangaben, lange (kurze); Pfeile = schwache (starke) Böschung.

Nicht alles ist an diesen Befunden so rätselhaft, wie es auf den ersten Augenblick scheint. So auch bei dem Sandwespenfall. — Wer nur die amerikanischen Angaben kennt, der mag gar sehr überrascht sein zu hören, daß es Sandwespen gibt, die ihr mit einer Beuteraupe versehenes Nest mit Sand zuscharren und diesen dann wiederholt festhämmern mit Hilfe eines

Steines, den sie eigens hierzu mit den Oberkiefern ergreifen und wie ein Werkzeug benutzen.

Die eingehende lebensvolle Beschreibung des Verhaltens von *Ammophila urnaria* Cresson stammt von besonders bewährten Beobachtern, dem Ehepaar G. und E. Peckham¹⁾ und trägt den Stempel der Zuverlässigkeit an sich. Sie stimmen zudem mutatis mutandis überein mit den Angaben von S. W. Williston an *Ammophila yarrowi* Cresson: „Wenn die Wespe mit der Ausschachtung ihres Nestes fertig war, stellte sie sich mit ihren vier Hinterfüßen über den Eingang und kratzte mit den Vorderbeinen außerordentlich rasch den Staub nach hinten, bis die Höhle ausgefüllt war, danach holte sie sich in den Mandiblen ein Steinchen von etwa

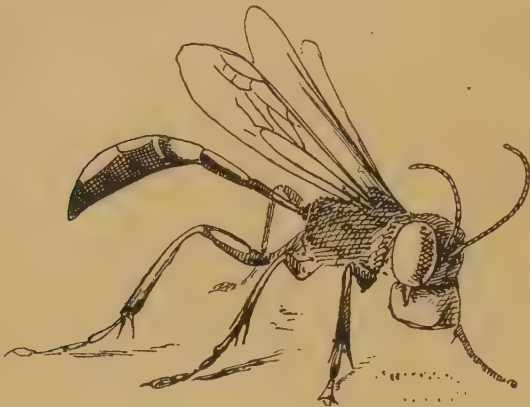


Fig. 2.

Ammophila urnaria Cresson, ihren Nistplatz glättend, nach Peckham.

3 mm Durchmesser und fuhr damit über die Oberfläche des Bodens. Diese Prozedur wurde nicht allein beim definitiven Nestverschluß vorgenommen, sondern auch jedesmal, wenn eine Raupe eingebracht war. Dabei ist zu beachten, daß *A. yarrowi* 4 bis 5 Beutetiere einträgt.“

Wenn wir die paläarktischen Sandwespen genauer beobachten, dann finden wir eine offensibare Vorstufe und bis zu gewissem Grade eine Erklärung zu dem so merkwürdigen und vergleichend-psychologisch wichtigen Instinkt des Hämmerns bzw. Glättens mit einem körperfremden Werkzeuge.

Von der ersten *Ammophila* A₁, die 2⁴¹ Uhr bei ihrem Nest N₁ ankam (vgl. Skizze), berichtet das stenographische Protokoll (die zwischengefügten Zahlen geben den genaueren zeitlichen Verlauf an): 2⁴⁰. Die Beuteraupe wird in die Tiefe gezogen. A. bleibt 25 Sekunden unten, kommt staubig heraus, A. will ein Stückchen Rinde in die Tiefe stürzen, zieht es wieder her-

aus und wirft es weg, holt zwei andere Stückchen Rinde, schnarrt mit den Flügeln, wirft hinterrücks Sand hinunter, neues Stückchen, neuer rückwärts geschleudeter Sandstrahl, neues Stückchen, Schnarren mit den Flügeln, Feststampfen am Nesteingang, 2⁴⁸ fliegt zweimal auf (offenbar infolge einer unvorsichtigen Bewegung des Beobachters), ruht etwas aus, ganz ruhig und platt auf dem Boden, dann Fühlerbewegung und Abflug. 2⁵¹ — der Nesteingang war von der Umgebung in keiner Weise zu unterscheiden. Der Nestbaugrund war sandiger Boden.

Von der zweiten *Ammophila*, A₂, die 3^{10 1/2} bei ihrem Nest N₂ ankam und unsägliche Mühe hatte, die schwere Raupe an steilem Abhang in den schrägmündenden Nestschacht zu bringen — von 3²⁰ bis 3²⁷ stürzte ihr die Raupe zehnmal den Abhang hinunter — berichtet das stenographische Protokoll: „3²⁷ A₂ bleibt 45 Sekunden unten, Schnarren mit den Flügeln, scharrt etwas Sand, fliegt einmal ab, beißt mit den Mandiblen in der Umgebung Humus ab, wirft ihn in den Nestschacht, scharrt mäßig Sand, schnarrt mit den Flügeln, beißt in den Grund, 3³⁰ schnarrt andauernd, beißt Humus ab, scharrt kurz Sand, beißt Humus ab. 3³¹ rasche Bewegung des Beobachters: A₂ fliegt etwas ab. Bringt große Schollen, legt sie zum Nesteingang und stößt mit dem Kopf dagegen, holt Rindenstücke aus 10 cm Entfernung und fliegt ab, bringt es zum Nesteingang und stößt es fest, kratzt Erde dazu, reißt das Rindenstück wieder weg und beißt wieder Erde los. 3³³ andauerndes Schnarren mit den Flügeln und Beißen, etwas Sandscharren von oben her. 3³⁴ beißt wieder, scharrt unvorsichtig nach oben, fällt dabei den Abhang herunter, fliegt hinauf, beißt hoch oben ab. 3³⁷ rasche Bewegung, fliegt weg, kommt nicht mehr. — Der Nesteingang war auf der an sich unebenen Stelle höchstens als flaches Grübchen zu erkennen.“ Der Nestgrund war humusreicher als bei N₁.

Aus den Beobachtungen konnte ich entnehmen, daß sich bei *Ammophila sabulosa* mehrere Instinkte beim Nestverschluß entwickelt finden. Der auffallendste ist das Scharren bzw. Schleudern von Sandmaterial mit Hilfe der Beine, am auffallendsten deswegen, weil sich die *Ammophila* immer zuerst umkehren muß, um den Sandstrahl unter dem Abdomen hindurch auf den Nesteingang richten zu können. Ein zweiter Instinkt ist das Beischaften von Verschlußmaterial mit den Mandiblen. Es handelt sich hier um gröberes Material, um Erdschollen, die eigens abgebissen werden müssen, oder um Stückchen von Rinden, Holz oder Kieferzapfenteilen, die unter Umständen aus größerer Entfernung herbeigeht werden. Ein dritter Instinkt besteht in dem Festdrücken oder Feststoßen des Materials mit den Mandibeln oder mit der Kopfvorderseite. Obige Protokolle zeigen, wie diese Instinkte in mannigfachem Wechsel betätigt wer-

¹⁾ G. u. E. Peckham, 1898, On the Instincts and Habits of the Solitary Wasps In: Wisconsin Geological a. Nat. Hist. Survey, Bull. 2, Se. Ser. No. 1.

den, und wie das eine Mal dieser, das andere Mal jener überwiegend betätigt wird (Art des Untergrundes!).

Es ist klar, daß das Beischaftern von größerem Material sowie das Festdrücken desselben der *Ammophila* von Nutzen ist, denn sonst würde ja die flache Nestgrube von dem eingescharften Sande wiederum halb verschüttet werden und die später heranwachsende Tochtermade keinen genügenden Raum zum Sich-Einspinnen haben. Es ist aber auch klar, daß von dem obigen Verhalten der *Ammophila sabulosa* ein nur kurzer Schritt führt zum Verhalten der *Ammophila urania*, wie es *Peckhams* beschreiben. Statt einer Erdscholle oder eines Rindenstückchens wird ein Steinchen gefaßt und dieses Steinchen wird nicht einmal, sondern öfters auf die Unterlage gedrückt, gehämmert (*Peckham*) oder gerieben (*Williston*). Sowohl das Scharren als auch das Beischieben von größeren festen Teilchen, wie auch das Festdrücken, ist in der Grabwespenfamilie wiederholt beobachtet worden. Die Ausgrabung eines Nestes N₁ am 12. August 1920 ergab denn auch einen Nestverschluß, bestehend aus verschiedenen Schichten, abwechselnd Rindenstückchen (bis zu 6 mm lang) und Sand-schichten.

Also auch im Sandwespenfall handelt es sich um einen „Werkzeug“gebrauch, bei dem ein Ge-

genstand, das „Werkzeug“, dem Tier bereits durch andere Instinkte „in die Hand“ gegeben ist. Es ist Art- (bzw. Gattungs- usw.) Gewohnheit beim Gorilla, Zweige abzureißen und zu verwenden (Nestbau, Ernährung), Artgewohnheit des Kapuzineraffen, die mannigfachsten Gegenstände zum Klopfen oder zum Beklopfen zu gebrauchen. Es ist ererbte Gewohnheit vieler Tiere, Steine, Sand, Wasser usw. zu scharren oder zu schleudern zu Bau- und Verteidigungszwecken. Es ist auch bei Ameisen eine ebenso begreifliche als verbreitete Instinkterscheinung, die Larven gewandt und andauernd umherzutragen, zumal dann, wenn dem Nest etwas zugestoßen ist. Es bleibt nur noch zu erklären der Übergang von einer Verwendung des betreffenden Gegenstandes zu einer anderen. Zur Erklärung dieses Überganges, dieser neuen Assoziation stehen uns zu Gebote, um von der künstlichen Dressur abzu-sehen, die Erinnerung, der Nachahmungstrieb („Nachäffung“ der jungen Zoo-Besucher), der Spieltrieb (Nüsse klopfen?) und das Phänomen des Lernens (sog. Plastizität der Instinkte), das z. B. gerade bei den Sandwespen und Bienen offenkundig vorkommt, aber leider noch nicht ganz offen liegt, nicht einmal beim Lernen des Nützlichen. Natürlich macht das individuell Erworbene viel weniger Schwierigkeiten als das erblich Gewordene!

Die Tätigkeit des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie von 1912 bis 1921.

Von Ernst Beckmann, Berlin-Dahlem.

Bauarbeiten und Krieg haben das vor zehn Jahren in Aussicht genommene Arbeitsprogramm der Abteilung stark beeinträchtigt — bald gehemmt, bald abgeändert. Das soll aber keine Entschuldigung oder Wehklage sein. Alle Angestellten des Instituts dürfen sich zufrieden fühlen, nach bestem Wissen und Können der Wissenschaft und dem Vaterlande gedient zu haben.

Bis zum Herbst 1912 waren es ausschließlich der Bau und die Einrichtung, welche dem Direktor und seinem ersten Mitarbeiter, Prof. *Otto Liesche*, die früheren Erfahrungen nutzbringend werden ließen, und auch in den nächstfolgenden Jahren wollten die Bausorgen nicht zur Ruhe kommen. Die kurze Bauzeit von nur zehn Monaten hatte kein innerlich fertiges Institut geliefert, und der chemische Betrieb wurde noch lange durch Bauarbeiten gestört.

Hauptsächlich wurden von mir daneben zu nächst frühere Arbeiten wieder aufgenommen.

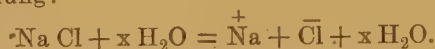
Gleich bei der Einweihung am 23. Oktober 1912 hat den Kaiser-Wilhelm-Instituten der Kaiser selbst auch eine neue Aufgabe gestellt. Eine stattgehabte große Schlagwetterkatastrophe gab den Anlaß, die Institute zu ermahnen, Vorbeugungsmaßnahmen zur Verhütung solcher Un-

glücksfälle zu schaffen. Schon nach Jahresfrist konnte das Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische und Elektrochemie mit der Schlagwetterpfeife und einem Interferometer hervortreten, welche auf akustischem bzw. optischem Wege etwa drohende Gefahren der schlagenden Wetter zu erkennen gestatten. Die Direktorabteilung des chemischen Instituts suchte eine chemische Lösung in der Konstruktion eines Schlagwetterprüfers auf der Grundlage, daß eine abgeschlossene Menge der Grubenluft an einem elektrisch zum Glühen gebrachten Platindraht verbrannt wird, um nach Absorption der Verbrennungsprodukte — Kohlensäure und Wasser — die eingetretene Druckverminderung mittelst Manometers zu bestimmen.

Die Laboratoriumsversuche waren bald mit befriedigendem Ergebnis abgeschlossen, für den Gebrauch in der Grube ist aber erst jetzt, nach zehn Jahren, ein Modell fertig geworden, welches allen Anforderungen der Sicherheit und Bequemlichkeit genügt. Der Apparat ist nun jederzeit gebrauchsfertig, für alle Arten und Mengen brennbarer Stoffe verwendbar und gibt spätestens in ein bis zwei Minuten das Resultat; auch kann der Apparat ohne Belästigung in die

schwerer zugänglichen Strecken mitgenommen werden.

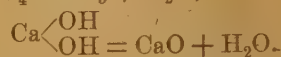
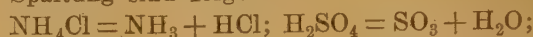
Eine Reihe von Arbeiten war den neuen Methoden der Molekulargewichtsbestimmungen gewidmet. Nachdem *Raoult* gefunden hatte, daß aus Gefrierpunkterniedrigungen das Molekulargewicht gelöster Stoffe ermittelt werden kann, war die Einführung dieser kryoskopischen Methode in die Laboratoriumspraxis ein dringendes Bedürfnis. Seinerzeit habe ich mich an der Schaffung einer möglichst zweckmäßigen Apparatur beteiligt; die vorgeschlagenen Einrichtungen und Meßinstrumente fanden in die Laboratorien allenthalben rasch Eingang. An Stelle der noch von *Raoult* ausgeführten Molekulargewichtsbestimmung aus Dampfdruckerniedrigungen habe ich die zweckmäßigere Bestimmung aus Siedepunkterhöhungen, die Ebullioskopie, entwickelt und für deren Einführung die nötigen Hilfsmittel geschaffen. Die im Kaiser-Wilhelm-Institut unternommenen Versuche hatten zum Zweck, die Bestimmungen von Molekulargewichten auch beim Entgegenstehen größerer Schwierigkeiten durchführen zu helfen und besonders interessante Fälle zu studieren. Nach der modernen Auffassung der Lösungen ist man darauf gefaßt, daß sich durch Ionenbildung mehr Moleküle in Lösungen finden können, als die chemische Formel eines Stoffes vorsehen läßt. Kochsalz oder Chlornatrium z. B. zerfällt in wässriger Lösung größtenteils nach der Gleichung:



Das elektrisch neutrale Chlornatrium liefert durch den dissoziierenden Einfluß des Wassers positiv geladene Natriumionen und negativ geladene Chlorionen. Das zeigt sich schon darin, daß trockenes Kochsalz den elektrischen Strom so gut wie nicht leitet, wässrige Kochsalzlösung aber sehr stark. Jedes Ion verhält sich nun aber bei Gefrierpunkts- und Siedepunktsbestimmungen vollkommen wie ein Molekül, und wir erhalten also in Lösung durch diese Ionenbildung mit einem Molekül Kochsalz die Wirkung von zwei Molekülen. Insbesondere zeigen außer Salzen die Basen und Säuren in wässriger Lösung einen mehr oder weniger weitgehenden Zerfall in Ionen. Daß gerade Wasser für die Ionenbildung besonders wirksam ist, bringt man damit in ursächlichen Zusammenhang, daß es eine sehr hohe Dielektrizitätskonstante ($= 80$) besitzt.

Weniger geklärt ist die Aufspaltung solcher Moleküle, in denen mehrere gleichartige Atome miteinander verbunden sind; wir kennen Sauerstoff O_2 , Ozon O_3 , gelben Phosphor P_4 und roten mit voraussichtlich größeren Molekülen, Schwefel S_8 , S_6 , S_4 , S_2 . In diesen Fällen ist Wasser weniger geeignet für die Aufspaltung als trocknes Erhitzen. Der elektrolytischen Dissoziation stellen wir eine thermische Dissoziation

gegenüber. Andere Beispiele dieser thermischen Spaltung sind folgende:



Es fragt sich aber, ob damit die Ursachen für Molekülspaltungen erschöpft sind.

Gelegentlich der Molekulargewichtsbestimmungen von Schwefel und Selen in Jodlösungen glaube ich einen Beitrag zu dieser Frage gefunden zu haben.

Schwefel lieferte ebullioskopisch bei 255° in Diphenyl, bei 277° in Anthrachinon große Moleküle (S_7 — S_8), ganz analog gab Selen große Moleküle (Se_8 — Se_{10}). Diese sind also gegen Erwärmen wenig empfindlich. Prüft man aber beide Stoffe gegenüber geschmolzenem Jod, so zeigt Schwefel auch hier sein großes Molekül, Selen dagegen wird aufgespalten bis Se_4 — Se_2 . Andererseits hat sich nicht das Anzeichen dafür finden lassen, daß Selen und Jod in der Jodschmelze chemisch miteinander verbunden sind.

Dieses verschiedene Verhalten von Schwefel einerseits und Selen andererseits zu Jod hat augenscheinlich mit der Dielektrizitätskonstante des Jods, die nur sehr klein ist ($= 4$), nichts zu tun. Da auch die chemische Wirkung zur Erklärung der Aufspaltung des Selen nicht ausreicht, dürfte die Spaltung eine andere, noch unbekannte Ursache haben, und ich möchte sie einstweilen mit *X-Spaltung* bezeichnen.

Das sichere Funktionieren der neuen Gefrier- und Siedepunktsapparate gestattet auch, kleineren Abweichungen im Verhalten der Stoffe nachzugehen. So stellte sich z. B. heraus, daß selbst bei -65° Chloroform sich mit Aceton verbindet und das Aceton selbst Neigung zur Assoziation seiner Moleküle auch im Tetrachlorkohlenstoff besitzt. Insbesondere machen es die neuen Apparate leicht, in den weitesten Temperaturgrenzen auch mit schwierigem Material, wie z. B. flüssigem Chlor, Schwefel, Säurechloriden, Schwefelsäurenanhydrid, Schwefelsäurehydrat Gefrier- bzw. Siedeversuche auszuführen. Selbst mit metallischem Quecksilber konnte Prof. *Liesche* durch gleichzeitiges Sieden und Rühren hinreichend genaue Einstellung der Siedepunkte und Feststellung der Zusammensetzung von Amalgamen erreichen.

In Verfolgung analytischer Aufgaben wurden der Färbung der Bunsenflamme besondere Untersuchungen gewidmet. Um eine gleichmäßige Färbung zu erzielen und mit beliebig kleinen Mengen Substanz arbeiten zu können, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die zu prüfenden Flüssigkeiten durch Zerstäubung in Nebelform dem Luftgasgemisch des Brenners zuzuführen. Die zu untersuchende Lösung wird in einem Nöpfchen unter den hohlen Fuß eines Porzellanbrenners geschoben und mit entwickeltem Wasserstoff usw. durch die aufsteigenden

Nebeltröpfchen der Brennerluft zugeführt. Die gemachten günstigen Erfahrungen haben Anlaß gegeben, nach dem gleichen Prinzip Natriumlampen für Polarisierung zu konstruieren, die sich in jeder Hinsicht bewährt haben. Äußerst intensiv gefärbte Flammen werden bei Anwendung von Sauerstoff statt Luft erhalten; zur Bildung von Lösungsnebel läßt sich mit Vorteil auch elektrolitische Zersetzung verwenden. Auch hat sich gezeigt, daß es nicht notwendig ist, den Nebel gleichmäßig in den Brennergasen zu verteilen, sondern daß es genügt, denselben nur der äußeren heißesten Zone der Leuchtgas- oder Wasserstoffflamme zuzuführen.

In weiterer Ausbildung des Verfahrens ist die Zerstäubung auch durch Auftropfen der Lösung auf eine rotierende Scheibe in abgeschlossenem Luftraum erzeugt und ein Apparat geschaffen worden, welcher gestattete, die Färbungen sehr konstant zu halten.

Von Ende 1913 bis April 1914 wurden im Anschluß an die im 2. Obergeschoß liegende Abteilung des Direktors im Nordflügel noch drei unausgebaute Räume für Geheimrat Prof. Dr. C. Liebermann für organisches chemisches Arbeiten eingerichtet; er führte dort mit zwei Assistenten Untersuchungen aus über Polyzimtsäuren, Azafrin und Bianthryl. Leider wurde der freudig begrüßte Gast schon am 2. Dezember 1914 dem Institut durch den Tod wieder entzogen.

Mit dem Beginn der Arbeiten im Institut, Oktober 1912, wurde das erste Obergeschoß von Geheimrat Richard Willstätter übernommen, das Erdgeschoß größtenteils von Professor Otto Hahn und Professor Lise Meitner. Während des Krieges, am 1. April 1916, folgte Geheimrat Willstätter einem Ruf nach München. An seine Stelle trat Professor Alfred Stock. Indessen siedelte dieser alsbald in das erste chemische Laboratorium der Universität Berlin über, während im Kaiser-Wilhelm-Institut die früher Liebermannschen und Willstätterschen Räume sowie ein Teil des Erdgeschosses von militärischen Abteilungen bis zum Schluß des Krieges übernommen wurden.

Die als Verlängerung des Nordflügels vom Erdgeschoß geplante Technische Abteilung ist aus Sparsamkeitsrücksichten noch nicht gebaut worden.

Mit dem Kriege änderte sich auch das ganze Arbeitsprogramm der Direktorabteilung und stellte sich auf volkswirtschaftliche Interessen ein.

Von den ausgeführten Arbeiten seien die folgenden kurz erwähnt:

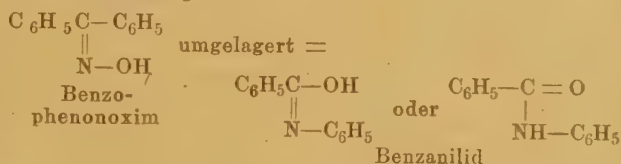
Seetang als Ergänzungsfutter,
Spiritusgewinnung aus Holz,
Veredelung von Stroh, Lupinen und Roßkastanien zu Kraftfuttermitteln,
Ersatz für Harze und Hartgummi,

Ersatz für Gummischläuche,
Schutzvorrichtungen gegen das Einatmen schädlicher Gase,
Erleichterung zur Bearbeitung harten Erdbodens,
Verständigung durch geheime Lichtsignale, Lichtempfindlichkeit des Lithopons.

Von diesen Arbeiten sind wohl die über Stroh- und Lupinenveredelung die wichtigsten und erfolgreichsten. Über sie ist auch vor kurzem in der Festschrift besonders berichtet worden. In beschränktem Maße wird über deren wissenschaftliche Grundlagen noch weiter gearbeitet, wobei besonders einige Aufklärung über die Natur des Lignins gesucht wird.

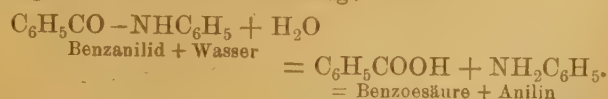
Nachdem im Kriege die Zahl der Mitarbeiter erheblich zurückgegangen und die Arbeitsmöglichkeiten auch durch den Mangel an Räumlichkeiten bedingt waren, sind seit etwa Jahresfrist wieder wissenschaftliche Untersuchungen unter Mitwirkung jüngerer Hilfskräfte im Gange.

Dieselben gelten besonders der Umlagerungsreaktion von Oximen in Amide, welche zuerst von Victor Meyer als Beckmannsche Umlagerung bezeichnet worden ist. Während des fast 35jährigen Bestehens dieser Reaktion ist deren Bedeutung für die Umbildung und Konstitutionsaufklärung organischer Stoffe immer deutlicher geworden. Als typisches Beispiel sei das vom Benzophenon ($C_6H_5-[C=O]-C_6H_5$) sich ableitende Oxim gewählt:



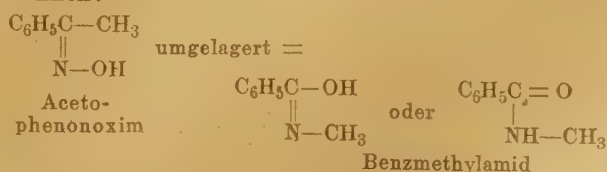
Wie man sieht, tauschen Phenyl und Hydroxyl die Plätze, worauf der Wasserstoff des früheren Oximhydroxyls wieder an den Stickstoff tritt.

Hydrolyse durch Erhitzen mit wäßriger Salzsäure würde weiterhin Benzoesäure und Anilin ergeben nach der Gleichung:



Dadurch würde man aber auch über die Konstitution des Benzophenons im Klaren sein, man wüßte, daß in demselben die Phenylgruppen mit der Ketongruppe $>C=O$ verbunden waren.

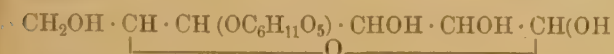
Wäre man vom Oxim des Acetophenons ($C_6H_5-[C=O]-CH_3$) ausgegangen, so hätte man vielleicht die folgende Umlagerung erwarten können:



so setzt man dabei voraus, daß Milchzucker ebenso wie dieses Endprodukt eine furoide (1,4) Sauerstoffbrücke hat. Eine Sicherheit dafür ist aber zunächst nicht gegeben.

Abgeschlossene Methylierungsversuche an Cellobiose selbst liegen noch nicht vor. Aber *Denham* und *Woodhouse* haben dieselbe Trimethylglucose neben anderen Produkten aus Cellulose erhalten. So kommen *Haworth* und *Leitch* auf den Gedanken, daß Cellobiose, die spezifische Biase der Cellulose, nach demselben Prinzip gebaut ist wie Milchzucker.

Aus Versuchen mit der Acetobromverbindung von Cellobiose, die gewisse Abweichungen vom Verhalten des Traubenzuckers ergeben, erschließt neuerdings *F. Wrede* eine andere Cellobioseformel:



Hier ist der zweite Zuckerrest nicht an Kohlenstoff 5, sondern an 4 gebunden, dafür die Sauerstoffbrücke aber von 1 nach 5 geschlagen.

Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie mit *H. Schotte* angestellte Versuche am Cellobial, einem Reduktionsprodukt der Cellobiose, haben über diese grundlegende Frage der Cellulosechemie Klarheit bringen können. Wesentlich ist, daß bei der Bildung des Cellobials aus Cellobiose eine Verschiebung der glucosidischen Haftstelle innerhalb des reduzierenden Zuckerrestes nicht zu befürchten ist. Auf Grund der kürzlichen von uns gegebenen Klarstellung des Glucals und der festgelegten Strukturidentität von Glucal und Cellobial läßt sich nachweisen, daß in der reduzierenden Hälfte des Cellobials die

Kohlenstoffe 1 und 2 durch eine Doppelbindung, ferner 1 und 4 durch eine gemeinsame Sauerstoffbrücke in Anspruch genommen sind, dagegen das Hydroxyl in 3 nicht substituiert sein kann.

Damit ist Formel I für Cellobiose sichergestellt, um so mehr, als sich gegen die Verwendung des Kohlenstoffs 6 zur Disaccharidbildung in Cellobiose neben den Beobachtungen von *Denham* und *Woodhouse* noch eine Reihe anderer Gründe anführen läßt. Es mag noch erwähnt werden, daß sich, nachdem jetzt auch die Struktur des Reduktionsproduktes von Milchzucker, des Lactals, feststeht, auf ähnliche Prinzipien ein Strukturbeispiel für Milchzucker gründen läßt. Die Haftstelle am Kohlenstoff 4 kommt auch hier nicht mehr für die Bindung der Galaktose in Betracht.

Literatur:

W. S. Denham und *H. Woodhouse*, Methylierung der Cellulose, Teil II: Hydrolyse der methylierten Cellulose, Chem. Zentralbl. 1915, Bd. I, 81.

W. N. Haworth und *G. C. Leitch*, Die Konstitution der Disaccharide, Teil III: Maltose, Journ. of the Chemical Society 115, 813 [1919].

F. Wrede, Synthese von schwefel- und selenhaltigen Zuckern, Zeitschr. f. physiol. Chemie 112, 4, Anm. [1920].

E. Fischer und *K. v. Fodor*, Über Cellobial und Hydrocellobial, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 47, 2057 [1914].

E. Fischer und *G. O. Curme, jun.*, Über Lactal und Hydrolactal, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 47, 2047 [1914].

M. Bergmann und *H. Schotte*, Über die ungesättigten Reduktionsprodukte der Zuckerarten und ihre Umwandlungen, I. Zum Glucalproblem, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 54, 440 [1921]. — II. Neue Anhydrozucker. Synthese einer Glucosidomannose. Struktur der Zellulose, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. (im Druck).

Die Vorgänge beim Schraubenpropeller.

Von *A. Betz*, Göttingen.

1: Wenn die Erfassung der Erscheinungen am Schraubenpropeller vielfach als besonders schwierig angesehen wird, so liegt das weniger an der Unübersichtlichkeit der hydrodynamischen Vorgänge als an einem Mangel unseres geometrischen Vorstellungsvermögens, das an sich einfache Gebilde, wenn sie schraubenförmig verwunden sind, ganz wesentlich unklarer sieht als ohne eine solche Deformation. Dazu kommt noch die Erschwerung, welche sich für die mathematische Behandlung infolge der Schraubensymmetrie ergibt. Abgesehen von diesen nicht im Wesen der Vorgänge begründeten Unbequemlichkeiten bietet der Schraubenpropeller keine größeren Schwierigkeiten als die Mehrzahl anderer hydrodynamischer Aufgaben. Bei Beschränkung auf das Wesentlichste lassen sich die Vorgänge sogar besonders einfach darstellen. Es ist bezeichnend für diese Einfachheit, daß wir für Schraubenpropeller schon lange in der von *Rankine* begründeten

*Schraubenstrahltheorie*¹⁾ eine der Wirklichkeit verhältnismäßig recht nahekommende Darstellung der Vorgänge besitzen, die als eine Art Vorläufer der modernen für Tragflügel entwickelten Theorie angesehen werden kann. Erst wenn man die Vorgänge genauer kennen lernen will, werden die Schwierigkeiten für die theoretische Behandlung größer. Am dürftigsten sind unsere Kenntnisse über die Vorgänge beim Zusammenarbeiten von Schraube und Fahrzeug. Man ist hierbei fast ganz auf Versuche angewiesen. Die Ursache dieser Unkenntnis liegt aber weniger im Propeller als in den Erscheinungen des Fahrzeug-

¹⁾ *Rankine*, On the Mechanical Principles of the Action of Propellers. Transactions of the Institution of Naval Architects Bd. VI S. 13, 1865. Die Theorie wurde dann später hauptsächlich von *Froude* noch wesentlich verbessert: *Froude*, On the Part played in Propulsion by Differences of Fluid Pressure. Transactions of the Institution of Naval Architects Bd. XXX, S. 390, 1889.

widerstandes, die hierbei eine wesentliche Rolle spielen. Gerade die Frage des Widerstandes eines Körpers bei der Bewegung in einer Flüssigkeit bzw. des Energieverbrauches hierbei hat bis heute, abgesehen von einigen besonderen Fällen, jeder theoretischen Behandlung getrotzt. Sie werden fast ausschließlich experimentell bearbeitet. Es ist daher natürlich, daß die mangelnde Kenntnis der Vorgänge, welche den Widerstand der Fahrzeuge bedingen, auch die theoretische Behandlung der damit zusammenhängenden Vorgänge in der Schraube behindert. Die Aufgaben, welche sich auf den allein fahrenden Propeller beziehen, sind dagegen heute bis auf einige ganz spezielle Probleme im wesentlichen gelöst, wenigstens, wenn man sich auf Schrauben mit günstigen Formen beschränkt, die ja auch praktisch allein Bedeutung haben. Diese Beschränkung bietet nämlich den Vorteil, daß man einmal die Energieverluste durch Reibung und Wirbelbildung, die man am wenigsten beherrscht, als klein ansetzen kann gegenüber den sonst umgesetzten Energiemengen, und weiter besonders, daß dadurch die sonst unübersehbare Mannigfaltigkeit der Formen ganz außerordentlich viel enger begrenzt wird. Die folgende Auseinandersetzung soll nun einen kurzen Überblick gewähren zunächst über den Grundgedanken der *Schraubenstrahltheorie* und daran anschließend über den weiteren Ausbau derselben durch neuere Untersuchungen, welche ihrerseits den einwandfreien Anschluß der Schraubenstrahltheorie an eine andere von *Froude* begründete Betrachtungsweise, die sogenannte *Flügelblatttheorie*²⁾, herstellen.

2. Wenn man auf einen Körper eine Kraft ausüben will, z. B. auf ein Fahrzeug zur Überwindung des Bewegungswiderstandes, so muß man sich dabei stets auf einen anderen Körper stützen und auf ihn dieselbe Kraft, nur in entgegengesetzter Richtung, ausüben (Satz von Aktion und Reaktion). Bei der Fortbewegung von Fahrzeugen auf dem festen Erdboden dient fast immer die Erde als Stützkörper, die wegen ihrer großen Masse keine merkliche Geschwindigkeitsänderung durch die Reaktionskräfte erfährt. Anders ist es, wenn wir einen verhältnismäßig kleinen Stützkörper benutzen müssen, der nicht starr mit der Erde verbunden ist. In einem solchen Falle wird der Stützkörper durch die Reaktionskräfte beschleunigt und erlangt eine merkliche Geschwindigkeit. Diese Erscheinung tritt uns z. B. besonders auffällig beim Abschießen von Geschützen entgegen. Wir wollen dem Geschöß eine Geschwindigkeit erteilen und müssen dazu eine Kraft auf das Geschöß ausüben; dabei ist das Geschütz Stützkörper und erlangt eine Geschwindigkeit, welche der des Geschosses entgegengesetzt ist (Rücklauf). Ähn-

lich ist es, wenn wir ein in einer Flüssigkeit (Luft oder Wasser) befindliches Fahrzeug mittels eines Propellers fortbewegen wollen. Hierbei müssen wir den Stützkörper in der Flüssigkeit suchen. Wir können uns den Vorgang so vorstellen, daß wir einen Teil der Flüssigkeit von der Masse m erfassen und ihn eine Sekunde lang als Stützkörper benutzen, dabei wird diese Masse eine gewisse Geschwindigkeit v erlangen; dann erfassen wir wieder eine neue ebenso große Masse der Flüssigkeit und stützen uns die nächste Sekunde hindurch darauf usw., so daß wir in jeder Sekunde einer Masse m den Geschwindigkeitszuwachs v erteilen. Ist S der Schub, den der Propeller ausüben soll, so muß die Reaktionskraft ebenso groß sein und der Geschwindigkeitszuwachs v , welchen die Masse m unter Einwirkung dieser Kraft in einer Sekunde erlangt, ist:

$$v = \frac{S}{m}.$$

Es ist unwesentlich, daß wir uns den Mechanismus so vorstellen, daß gerade immer nach einer Sekunde neue Masse erfaßt und der Wirkung der Reaktionskraft ausgesetzt wird. Wenn wir den

Wechsel nach $\frac{1}{n}$ Sekunden vornehmen, dafür aber auch nur den n ten Teil der Masse nehmen, so erhalten wir bei gleicher Reaktionskraft dieselbe Geschwindigkeit und die Masse, welche *pro Sekunde* beschleunigt wird, ist auch wieder dieselbe. Die Geschwindigkeit, welche wir der Stützflüssigkeit erteilen, ist also dem Schub direkt und der sekundlich verarbeiteten Flüssigkeitsmasse umgekehrt proportional. Mit dieser Geschwindigkeit erlangt nun die Flüssigkeit einen Energiezuwachs, welcher in jeder Sekunde $\frac{1}{2} m v^2$ beträgt. Diese Energie müssen wir außer der Nutzleistung notgedrungen aufbringen, um überhaupt den gewünschten Schub zu erzielen; sie bedeutet aber einen nicht zu umgehenden Energieverlust.

Wenn man von allen sonstigen Verlusten abieht, so ergibt die weitere Verfolgung der eben angedeuteten Überlegung, daß es am günstigsten ist, wenn man den Schub gleichmäßig über die ganze von den Propellerflügeln bestrichene Fläche verteilt, so daß also der Schub pro Flächeneinheit überall gleich groß ist. Diese Bedingung würde angenähert durch einen Propeller mit sehr vielen Flügeln zu verwirklichen sein. Die Aussagen, welche man durch diese höchst einfache Theorie über die Verluste im Schraubenstrahl gewinnt, sind sehr nützlich, um den Wirkungsgrad eines Propellers abzuschätzen, da die übrigen Verluste vielfach erheblich geringer sind und vor allem auch nicht so sehr von den äußeren Bedingungen abhängen.

Die Theorie ergibt weiterhin eine Aussage, mit welcher Geschwindigkeit die Flüssigkeit durch die Ebene des Schraubenkreises tritt. Es läßt sich nämlich zeigen, daß die Flüssigkeit, welche durch den Propeller beschleunigt wird, gerade die Hälfte des Geschwindigkeitszuwachses

²⁾ *Froude*, On the Elementary Relation between Pitch, Slip and Propulsive Efficiency. Transactions of the Institution of Naval Architects Bd. XIX, S. 47, 1878.

vor dem Propeller und die andere hinter dem Propeller erhält. Eine genaue Kenntnis der Strömung in der Schraubenkreisebene ist aber sehr erwünscht, weil man dadurch eine Grundlage hat, wie man den Flügel bemessen und welche Stellung man ihm geben muß, um den gewünschten Schub zu erhalten. Für diesen Zweck sind jedoch die Ergebnisse dieser primitiven Theorie nicht mehr vollständig ausreichend. Solange man über die Wirkung der Flüssigkeit auf das Flügelblatt nur wenig wußte, war auch das Bedürfnis nach einer genaueren Kenntnis der Strömung in der Schraubenkreisebene nicht erheblich. Nachdem aber die Erforschung der Vorgänge am Tragflügel in dieser Hinsicht die Grundlage für eine genauere Berechnung der Propellerflügel geboten hatte, war es auch erwünscht, die Kenntnis über die Strömung beim Schraubenpropeller zu vertiefen.

3. Es waren hauptsächlich zwei Punkte, welche einer weiteren Klarstellung bedurften. Einmal verursacht der Propeller außer der mit Schub zusammenhängenden Axialgeschwindigkeit des Schraubenstrahles auch Tangentialgeschwindigkeiten, welche einerseits eine kleine Korrektur der Energiebetrachtungen erfordern, insbesondere aber einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag zur Strömung durch die Schraubenkreisebene liefern. Zweitens ist bei den üblichen Schraubenpropellern immer eine sehr beschränkte Anzahl von Flügeln vorhanden. Es war daher zu untersuchen, welchen Unterschied dieser Umstand gegenüber der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung von vielen schmalen Flügeln bringt. Nach beiden Richtungen hin ist nun in neuerer Zeit ein wesentlicher Fortschritt erzielt worden. Wenn auch noch nicht alles so ausgearbeitet ist, daß es bequem für die Praxis verwendbar wäre, so sind doch die prinzipiellen Schwierigkeiten überwunden.

Die Untersuchung über die Drehung des Schraubenstrahles schließt sich eng an die oben kurz angedeuteten Überlegungen der einfachen älteren Theorie an. An Stelle des Schubes tritt nur das Drehmoment der Schraube. Der Zusammenhang der einzelnen Größen ist allerdings bei dieser erweiterten Schraubenstrahltheorie wesentlich weniger einfach als bei der älteren Theorie, insbesondere ist die rechnerische Verfolgung der Aufgaben mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Nachdem aber die erforderliche mühsame Rechenarbeit einmal geleistet worden ist, konnten die Ergebnisse in Form von Kurven dargestellt werden, welche als Grundlage für die praktischen Anwendungen dienen können³⁾.

4. Der zweite Punkt, in dem die alte Schraubenstrahltheorie einer Ergänzung bedurfte, war die Voraussetzung, daß man die Möglichkeit habe, den Schub beliebig über die Schraubenkreisfläche zu verteilen, was einigermaßen bei einem Pro-

peller mit sehr vielen schmalen Flügeln zutrifft, aber sicher nicht mehr bei Flugzeugpropellern mit zwei Flügeln, welche nur einen recht kleinen Teil der Kreisfläche überdecken. Es möge hier jedoch bemerkt werden, daß auch bei einer zweiflügeligen Flugzeugschraube der Unterschied gegenüber der gleichmäßigen Verteilung nicht so groß ist, als es auf den ersten Blick erscheint. Infolge der Drehung der Schraube drücken nämlich die Flügel doch auf jeden Punkt der Kreisfläche, nur nicht gleichzeitig und dauernd, sondern periodisch immer wieder an einer anderen Stelle.

Für die Behandlung dieses Schraubenpropellers mit einzelnen verhältnismäßig weit voneinander abstehenden Flügeln hat sich eine Betrachtungsweise als sehr nützlich erwiesen, die hauptsächlich bei der Theorie der Tragflügel entwickelt und dort bereits sehr erfolgreich angewandt worden ist. (Vergl. den Artikel Betz, Einführung in die Theorie der Flugzeug-Tragflügel. Diese Zeitschr. 6. Jahrg. S. 557.) Mit der Verteilung des Schubes bzw. des Auftriebes eines Flügels hängt nämlich in eindeutiger Weise ein Gebiet wohl definierter Wirbel in der Flüssigkeit zusammen. Da andererseits die Flüssigkeitsbewegung durch Angabe der in ihr befindlichen Wirbel eindeutig bestimmt ist, so kann man aus der Schubverteilung mittels dieses Hilfsbegriffes der Wirbel die Strömung berechnen.

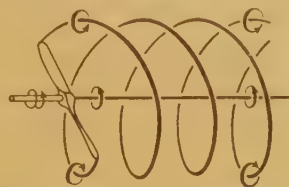


Fig. 1. Das System der wesentlichsten Wirbel hinter einem Schraubenpropeller.

Die praktische Durchführung einer solchen Rechnung ist allerdings ziemlich zeitraubend. Man ist daher bemüht, diese Arbeit zu vereinfachen. Eine solche praktisch brauchbare Methode hat Föttinger u. a. in seinem Vortrage vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft im Jahre 1917 dargelegt⁴⁾. Er geht dabei von der richtigen Erkenntnis aus, daß bei einer Schraube die stärksten Wirbel auf bestimmte Bereiche beschränkt sind, so daß man sie angenähert durch einzelne Wirbellinien ersetzen kann. Diese Linien sind einerseits die Schraubenachse und andererseits Schraubenlinien, welche von den Flügelspitzen ausgehen und die Achse umschlingen. (Fig. 1 zeigt ein solches Wirbelbild für eine zweiflügelige Schraube, das auch mit Beobachtungen in guter Übereinstimmung ist.)

Ähnlich wie bei der Theorie der Tragflügel, in der man eine entsprechende Annäherung be-

³⁾ Betz, Eine Erweiterung der Schraubenstrahltheorie, Zeitschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt, XI. Jahrg., S. 105, 1920.

⁴⁾ Föttinger, Neue Grundlagen für die theoretische und experimentelle Behandlung des Propellerproblems, Jahrb. d. Schiffbautechnischen Gesellschaft Bd. 19, S. 385, 1918.

nützt, leistet dieses einfache Wirbelbild auch beim Schraubenpropeller sehr gute Dienste immer dann, wenn man die Strömung in einiger Entfernung von den Wirbelfäden untersuchen will. Daß das Strömungsbild in der Nähe der einzelnen Wirbelfäden nicht mehr mit der Wirklichkeit übereinstimmen kann, geht schon daraus hervor, daß die theoretische Geschwindigkeit in unmittelbarer Nachbarschaft eines unendlich dünnen Wirbelfadens unendlich groß wird. Wenn man die Strömung in der Nähe des Wirbelgebietes, insbesondere z. B. an der Stelle der Flügel selbst untersuchen will, muß man genauere Angaben über die Verteilung der Wirbel bzw. über die Verteilung des Schubes längs des Flügels zugrunde legen.

5. Nachdem sich bei der Tragflügeltheorie, bei der prinzipiell dieselben Schwierigkeiten, nur in geringerem Grade auftreten, gezeigt hat, daß die *günstigste* Auftriebsverteilung besonders einfache Strömungsverhältnisse ergibt, lag der Gedanke nahe, zu untersuchen, ob sich nicht auch beim Propeller die *günstigste* Schubverteilung durch besonders einfache Strömungsverhältnisse auszeichnet. Tatsächlich ließen sich auch durch sinngemäße Abänderung der bei den Tragflügeln angewandten Überlegungen für Propeller ganz entsprechende Sätze ableiten⁵⁾. Der wichtigste davon lautet:

Die Strömung hinter einer Schraube mit geringstem Energieverlust stimmt mit der idealen Strömung um starre Schraubenflächen überein, die sich achsial nach rückwärts verschieben. Die Gestalt dieser Schraubenflächen ist jene, welche von den Schraubenflügeln bei ihrer Bewegung in die Flüssigkeit eingeschnitten werden. Die Verschiebungsgeschwindigkeit hängt von der Größe des Schubes ab.

So einfach diese Aussage über die von einem Propeller mit *günstigster* Schubverteilung erzeugte Strömung aussieht, so ist damit die Aufgabe doch noch nicht vollständig gelöst. Die mathematische Behandlung der Strömung um eine solche sich verschiebende Schraubenfläche bietet nämlich sehr erhebliche Schwierigkeiten. Prandtl hat nun in einem Zusatz zu der angeführten Arbeit des Verfassers eine Näherungslösung für diese Aufgabe angegeben. Wenn diese auch besonders für die zweiflügelige Schraube nicht mehr ganz zutreffende Werte ergibt, so dürfte sie für praktische Zwecke doch vollständig ausreichen.

In Fig. 2 ist die *günstigste* Schubverteilung dargestellt, wie sie sich nach der alten Schraubenstrahltheorie und nach den neueren Verfeinerungen derselben ergibt. Es ist der Schub pro Flächeneinheit für die verschiedenen Abstände r von der Schraubenachse aufgetragen. Dabei ist im Falle c der Schub, der ja hier auf die Flügel

konzentriert ist, gleichmäßig auf die zu den betreffenden Radien gehörenden Umfänge verteilt zu denken. Bei der alten Schraubenstrahltheorie ist der Schub gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt, bei Berücksichtigung der Strahlrotation ergibt sich ein Druckabfall an der Achse und bei Berücksichtigung der endlichen Flügelzahl außerdem ein Druckabfall an den Flügelspitzen.

Bei der Ableitung der Sätze über Schraubenpropeller mit *günstigster* Schubverteilung bei endlicher Flügelzahl ist vorausgesetzt worden, daß der Schub so gering ist, daß man die durch die Schraube erzeugten Strömungsgeschwindigkeiten gegenüber der Eigenbewegung der Schraube als klein ansehen darf. Man kann jedoch unter Verzicht auf mathematische Strenge, aber ohne nennenswerte Fehler die Sätze so umformen, daß sie auch für stärker belastete Schrauben gelten.

6. Bei allen bisher geschilderten Überlegungen war stillschweigend angenommen, daß man in den

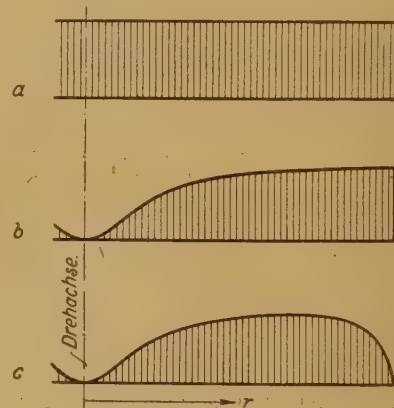


Fig. 2. *Günstigste* Schubverteilung über die Schraubenkreisläche a) nach der einfachen Schraubenstrahltheorie, b) bei Berücksichtigung der Strahlrotation, c) bei Berücksichtigung der endlichen Flügelzahl.

Schraubenflügeln eine geeignete Vorrichtung besitzt, um auf die Luft Kräfte auszuüben, welche den gewünschten Schub hervorbringen. Es war aber keinerlei Erkenntnis gewonnen worden, wie man die Flügel gestalten muß, um die beabsichtigte Wirkung zu erzielen und welche Verluste bei der Druckerzeugung durch die Flügel entstehen. Hierfür hat sich eine von den vorhergehenden gänzlich abweichende Betrachtungsweise bewährt. Ihre Grundlagen sind von Froude bereits im Jahre 1877 entwickelt worden⁶⁾. Die beiden Theorien, die Schraubenstrahl-Theorie und die Flügelblatt-Theorie, bestanden lange Zeit nebeneinander, ohne daß man sich über den inneren Zusammenhang der beiden Anschauungen ein vollständig klares Bild machen konnte. Erst die Erkenntnisse über die Vorgänge an Tragflügeln, insbesondere über den Einfluß der Spannweite auf den Widerstand, klärten auch die entsprechenden Erscheinungen an Propellern auf.

⁵⁾ A. Betz, Schraubenpropeller mit geringstem Energieverlust mit einem Zusatz von L. Prandtl, Nachr. d. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen, Math. physik. Kl. 1919, S. 193.

⁶⁾ Siehe Anm. 2.

Wenn man annimmt, daß die Wirkungen der einzelnen Teile des Flügels bei ihrer Bewegung durch die Flüssigkeit voneinander unabhängig sind, so braucht man nur ein für allemal die Kräfte experimentell zu ermitteln, welche bei der Bewegung bestimmter Profile auftreten, um daraus die an jeder Stelle der Flügel auftretenden Kräfte zu berechnen. Die Größe und Richtung der Geschwindigkeit des betreffenden Flügelteiles ist ja durch die beiden Komponenten Umfangsgeschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit gegeben. Aus den Kräften auf die einzelnen Flügelteile läßt sich dann leicht der Schub und das Drehmoment der ganzen Schraube ermitteln. Diese Methode hat den für die Praxis wichtigen Vorteil, daß man eine Beziehung zwischen Schub und Drehmoment einerseits und der Flügelform andererseits erhält. Leider ist aber die Annahme, daß die einzelnen Flügelteile sich gegenseitig in ihrer Wirkung nicht stören, nicht zutreffend. Praktisch kann man diese Schwierigkeit einigermaßen dadurch umgehen, daß man für jeden Propeller-typ wieder etwas andere Profileigenschaften bei der Berechnung zugrunde legt, welche so gewählt sind, daß die daraus für den ganzen Flügel erhaltenen Werte mit der Erfahrung übereinstimmen.

Die Schraubenstrahltheorie, besonders die geschilderten Verfeinerungen derselben, geben uns nun aber die Grundlagen, die gegenseitige Beeinflussung der Flügelteile für sich zu berücksichtigen, so daß man für die Berechnung der Flügelform mit ein für allemal festliegenden Profileigenschaften auskommt. Wie wir gesehen haben, hat die Flüssigkeit beim Durchtritt durch die Schraubenkreisebene bereits eine gewisse zusätzliche Geschwindigkeit erlangt. Infolgedessen ist die Bewegung eines Flügelprofiles relativ zur Flüssigkeit nicht nur von der Fahrgeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit, sondern auch noch von dieser Eigengeschwindigkeit der Flüssigkeit abhängig. In dieser zusätzlichen Geschwindigkeit kommt nun aber der ganze Einfluß zum Ausdruck, den die übrigen Propellerteile auf die Wirkung eines einzelnen Profiles ausüben. Der Zusammenhang zwischen der Störungsgeschwin-

digkeit und den Profileigenschaften tritt besonders klar hervor, wenn man den Energieverlust, wie ihn die Schraubenstrahltheorie ergibt, mit dem infolge dieser Störungsgeschwindigkeit am Flügel auftretenden Verlust vergleicht. Doch würde dies zu weit auf Einzelheiten führen, um im Rahmen dieses kurzen Überblickes Platz zu finden. Wenn man Schraubenstrahl- und Flügelblatttheorie in dieser Weise verbindet, so erhält man eine vollständige, die Vorgänge richtig wiedergebende Theorie des allein fahrenden Schraubenpropellers. Die Schraubenstrahltheorie ergibt die Wirkung eines idealisierten Propellers, welche u. a. die Grundlage für die richtige Anwendung der Flügelblatttheorie bildet. Diese letztere klärt die zusätzlichen Erscheinungen auf, welche durch die besonderen Eigenschaften der Flügel bedingt sind, insbesondere auch die Größe der bei der Schraubenstrahltheorie unberücksichtigt gebliebenen Verluste am Flügelblatt.

Durch diese Darlegungen sollte gezeigt werden, daß durch die neueren theoretischen Arbeiten die Möglichkeit geboten ist, die Vorgänge beim Schraubenpropeller so zu verfolgen, daß man auf Grund weniger Erfahrungswerte, der Profileigenschaften, die Wirkung eines Propellers vorausberechnen kann. Wie bereits erwähnt, ist zwar noch allerlei Arbeit zu leisten, um die Methoden auf eine für die Praxis hinreichend bequeme Form zu bringen. Aber auch experimentell ist noch vieles zu erforschen: Abgesehen von allen Fragen über das Zusammenarbeiten von Schraube und Fahrzeug sind es die Profileigenschaften, welche noch eingehender Untersuchung bedürfen. Wenn auch für Flugzeugflügel sehr genaue Werte vorliegen, so ist es nicht sicher, ob man diese ohne weiteres in allen Fällen auf Schrauben übertragen kann. Einmal können die mit der Drehung der Flügel zusammenhängenden Zentrifugalkräfte Abweichungen bewirken. Weiter spielt bei hohen Geschwindigkeiten die Zusammendrückbarkeit der Luft bzw. im Wasser die sogenannte Cavitation eine gewisse Rolle. Es ist daher trotz aller theoretischen Fortschritte auch auf dem Gebiete der Schraubenpropeller noch ein reiches Feld experimenteller Tätigkeit vorhanden.

Der Einfluß des Alterns der Keimzellen auf das Zahlenverhältnis spaltender Bastarde.

Von C. Correns, Berlin-Dahlem.

Bald nach der Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze konnte ich für einen sonst ganz einfachen Sortenbastard des Mais zeigen, daß das Spaltungsverhältnis von dem zu erwartenden, 3 : 1, sehr beträchtlich abwich — es war 6 : 1 —, daß aber nur eine nachträgliche Verschiebung vorlag, während die beiderlei Keimzellen des Bastardes sehr genau in dem Verhältnis 1 : 1 gebildet waren, das die Theorie verlangt. Die eine

Keimzellsorte mußte vor der anderen einen Vorteil haben. Ob er darin bestand, daß die Befruchtung der Eizellen mit der einen Sorte Pollenkörner leichter gelang, oder darin, daß die eine Sorte Pollenkörner ihre Schläuche rascher bildete oder schneller wachsen ließ und so die befruchtenden Spermakerne schneller zu den Eizellen beförderte, mußte ich damals unentschieden lassen und ist für den Fall auch jetzt noch

unsicher. Seitdem sind mehrfach solche abweichende Spaltungszahlen bekannt geworden, die, außer durch Elimination einer Klasse von Embryonen, bald durch „Prohibition“, bald durch „Zertation“, den Wettbewerb von Keimzellen von ungleicher Schnelligkeit, erklärt wurden. Besonders die verschiedene Geschwindigkeit der Schlauchbildung oder des Schlauchwachstums zweier Pollensorten derselben Pflanze hat sich an den Folgeerscheinungen, die sich daraus mit Notwendigkeit ergeben, neuerdings mehrfach nachweisen lassen. So für die männchenbestimmenden und weibchenbestimmenden Pollenkörner der Lichtnelke (*Melandrium*) bei eigenen Versuchen und für die zweierlei Pollensorten mancher *Oenothera*-Bastarde durch Heribert-Nilsson und O. Renner.

Es lag nahe, zu versuchen, ob sich die verschiedenen Keimzellsorten eines spaltenden Bastards nicht auch sonst in ihrem physiologischen Verhalten unterscheiden können. Vor allem war an eine ungleiche Resistenz gegenüber schädigenden Einflüssen zu denken; in erster Linie konnte ein ungleiches Verhalten beim Altern in Betracht kommen. Auch hierfür erwies sich die Lichtnelke als ein geeignetes Objekt. Durch Alternlassen des Blütenstaubes konnte ich, wie an anderer Stelle kurz mitgeteilt wurde, ein fast völliges Verschwinden der Weibchen aus der Nachkommenschaft erzielen, gewiß infolge größerer Resistenz der (in dem Schlauchwachstum trägeren) männchenbestimmenden Pollenkörner.

Einen entsprechenden Versuch hatte ich schon vor zehn Jahren mit einem ganz einfachen spaltenden Bastard ausgeführt.

Vom Bilsenkraut, *Hyoscyamus niger*, gibt es außer der gewöhnlichen Form mit gelblicher Blumenkrone, die im Schlund schwarzrot gefärbt, und deren Saum in gleicher Farbe geädert ist, eine Sippe, die *f. pallida*, bei der dieser Farbstoff nicht ausgebildet wird. Der Schlund der Blumenkrone ist dann grün, und die Adern des Saumes sind es ebenfalls. Der Bastard zwischen den beiden Formen bildet zwar den schwarzroten Farbstoff, aber nur etwa die halbe Menge, und unterscheidet sich dadurch leicht und sicher von beiden Eltern. Er spaltet in ganz normaler Weise auf, so daß die zweite Generation annähernd genau aus 1 *niger* : 2 Bastarden „*medius*“ : 1 *pallidus* besteht.

1911 wurden solche Bastarde und die Stammarten aufgezogen und ein paar kräftige Individuen zu den folgenden Versuchen verwendet. Einerseits sollten ganz frische Blüten mit möglichst altem und zur Kontrolle mit ganz frischem Pollen bestäubt werden, andererseits möglichst alte und zur Kontrolle ganz junge Blüten mit ganz frischem Pollen. Es wurde aber nicht der Bastard mit sich selbst befruchtet, sondern die Rückkreuzung mit dem „recessiven“ Elter, der *f. pallida*, ausgeführt, die nach der Erwartung *medius* und *pallidus* im Verhältnis 1 : 1 geben

mußte. Und zwar hatte die *f. pallida* nur frische Keimzellen zu liefern, der *medius* (der Bastard) die alten und frischen. Dabei war, wie hier nicht näher auseinandergesetzt werden soll, zu erwarten, daß die etwa vorhandene Wirkung des Alterns der Keimzellen reiner zum Vorschein käme, als nach Selbstbefruchtung oder Inzucht des Bastardes.

Die Blüten stehen bei *Hyoscyamus* in langen Blütenständen, sogenannten Wickeln, im Zickzack in zwei Längszeilen und blühen streng in der Reihenfolge von unten nach oben auf. Bei den einen Versuchen wurden bei *H. (niger) pallidus* abwechselnd 1 bis 2 (kastrierte) Blüten mit altem Blütenstaub einer *medius*-Pflanze bestäubt und ebenso viele mit frischem desselben Individuums. Der Pollen war über Schwefelsäure 14 bis 21 Tage aufgehoben worden. Bei den anderen Versuchen bestäubte ich alle nach und nach kastrierten Blüten einiger Infloreszenzen des *medius*, von der jüngsten, ganz frischen bis zu der ältesten, deren Krone schon welkte, mit frischem *pallidus*-Pollen. Es waren das, je nach der Stärke der Pflanze und des Blütenstandes, 4 bis 7. Der Schutz war der gleiche, erst durch eine Pergamindüte, später durch einen Gazesack, und die Bestäubung stets sehr reichlich.

Ausgesät konnte 1912 nur ein geringer Teil der Ernte werden: Die Samen eines Fruchtstandes, bei dem mit 21tägigem Pollen bestäubt worden war, und die Samen, die aus je der ältesten und jüngsten Blüte an 5 Blütenständen entstanden waren; die dazwischen liegenden Kapseln mußten unbenützt bleiben. Die beiden Tabellen bringen die Ergebnisse.

Tabelle I.
Versuche mit altem Pollen, ♀ *pallidus* + ♂ *medius*.

A. Pollen jung					B. Pollen alt				
Vers. Nr.	Ges. Zahl	med.	pall.	Proz. pall.	Vers. Nr.	Ges. Nr.	med.	pall.	Proz. pall.
1	508	232	276	54	3	39	17	22	56
2	368	194	174	47	6	28	15	13	46
4	214	94	120	56	7	155	72	83	54
5	482	242	240	50	10	30	10	20	66
8	241	120	121	50	13	27	14	13	48
9	190	99	91	48	16	65	23	42	65
11	91	48	43	47	17	37	18	19	51
12	62	32	30	48	20	7	1	6	86
14	194	91	103	53	zus.	388	170	218	56,2
15	210	109	101	52	$m = \pm 2,52$				
18	249	98	151	61	Diff. $B - A = 4,3 \pm 2,68$				
19	224	99	125	56	Kapseldurchsch. 49 S.				
zus.	3033	1458	1575	51,9	$m = \pm 0,91$				
Kapseldurchsch. 253 S.									

Der Pollen hätte wohl noch älter sein können. Daß er aber durch das Altern beeinflußt war, sieht man daran, daß die mit ihm erzeugten Kapseln viel weniger Nachkommen, im Durchschnitt nur etwa $\frac{1}{5}$ so viel, gegeben haben, als die mit

frischem Pollen entstandenen, eine Erfahrung, die man auch bei den Versuchen mit der Lichtnelke machen kann.

Der alte Pollen gab merklich mehr *pallidus* als der frische. Demnach waren von den beiden ursprünglich in gleicher Zahl vorhandenen Körnern jene, denen die *niger*-Anlage für Farbstoffbildung fehlte, resistenter als die, in denen sie vorhanden war. Der Erfolg ist aber nicht ganz sicher. Die Differenz beträgt 4,3 %, und ihr mittlerer Fehler $\pm 2,68$ %; sie ist also noch nicht ganz doppelt so groß, statt dreimal so groß, wie sie eigentlich sein sollte, um, unanfechtbar zu sein.

Ein gewisser Vorzug der *pallidus*-Pollenkörner zeigt sich übrigens schon, solange sie frisch sind: die Abweichung von den 50 %, die bei der Rückkreuzung bei ganz gleichen Chancen zu erwarten wären, ist 1,9 % und etwas größer als ihr mittlerer Fehler, 0,91 %, doppelt genommen.

Tabelle II.

Versuche mit alten Eizellen, ♀ *medius* + ♂ *pallidus*.

A. Eizellen jung					B. Eizellen alt				
Vers. Nr.	Ges. Zahl	med.	pall.	Proz. pall.	Vers. Nr.	Abstand	Ges. Zahl	med.	pall.
22	258	127	131	51	21	4. Ka.	182	104	78
24	189	104	85	45	23	5. Ka.	198	96	102
26	149	93	56	38	25	5. Ka.	128	71	57
28	306	142	164	54	27	5. Ka.	250	121	129
30	248	116	132	53	29	7. Ka.	241	126	115
zus.	1150	582	568	49,4	zus.		999	518	481

 $m = \pm 1,59$ $m = \pm 1,47$ Diff. A-B $1,3 \pm 1,16$

Kapseldurchsch. 2,30 S.

Kapseldurchsch. 198 S.

Hier läßt sich kein so großer Altersunterschied herstellen, wie bei den Pollenkörnern, er

geht nicht über 3 bis 5 Tage hinaus. Vielleicht hängt es damit zusammen, daß sich der Einfluß des Alterns der Samenanlagen schon bei der Zahl der keimfähigen Samen in den Kapseln sehr wenig verrät; die aus alten Blüten entstandenen enthalten im Durchschnitt etwa $\frac{1}{6}$ der normalen Zahl.

Die alten Eizellen haben ein wenig mehr *medius*-Pflanzen gegeben; die Differenz ist aber so klein — nur 1,3 % und geringer als ihr mittlerer Fehler, 2,16 % —, daß gar kein Wert auf sie zu legen ist. Vermutlich ist die Lebensdauer des Gynaeceum zu gering, als daß sich ein deutlicher Einfluß des Alters zeigen könnte.

Nach den Versuchen ist es also mindestens wahrscheinlich, daß sich auch bei mendelegenden Bastarden eine Verschiebung des Zahlenverhältnisses der Nachkommen durch Alternlassen der Keimzellen erreichen läßt. Voraussetzung ist, daß sich der Einfluß genügend steigern läßt, was im allgemeinen bei den höheren Pflanzen wohl nur für die Pollenkörner der Fall sein wird. Es wird auch hier ganz sicher günstige und unbrauchbare Versuchsobjekte geben.

Der beschränkte Platz im Botanischen Garten in Münster zwang mich, seinerzeit nur einen Teil des in den Versuchen erzeugten Saatgutes auszusäen. Bei einem größeren Umfang hätten sich die Zweifel, die jetzt leider noch an dem Ergebnis haften, beseitigen lassen. In dieser Hinsicht bietet nun das Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie viel bessere Möglichkeiten, ganz abgesehen von der Befreiung von zeitraubenden dienstlichen Verpflichtungen. Es liegt nahe, das Arbeitsgebiet so zu wählen, daß diese Vorteile, die kein Institut, das Lehrzwecken dient, bieten kann, so vollständig ausgenützt werden, als es unter den übrigen drückenden allgemeinen Verhältnissen nur möglich ist.

Zur Entwicklungsphysiologie der Intersexualität.

Von Richard Goldschmidt, Berlin-Dahlem.

In unsern Untersuchungen¹⁾ über die durch Bastardierung geographischer Rassen hervorgebrachte Intersexualität des Schwammspinners konnten wir den Nachweis führen, daß Intersexe so zustande kommen, daß ein Individuum sich bis zu einem bestimmten Augenblick mit einem Geschlecht entwickelt, von diesem Zeitpunkt, dem Drehpunkt, an aber seine Entwicklung mit dem andern Geschlecht vollendet. Je nach der späteren oder früheren Lage des Drehpunktes entstehen niedere oder höhere Stufen von Inter-

¹⁾ Untersuchungen über Intersexualität. Ztschr. indukt. Abst.-Vererbgs. 27, 1920. Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung. Borntraeger, Berlin, 1920.

sexualität resp. es tritt völlige Umwandlung des Geschlechtes ein. Aus den Vererbungsversuchen ergab sich nun, daß die Bedeutung dieses Drehpunktes die ist, daß sich (bei weiblicher Intersexualität) der Ablauf einer langsamer fortschreitenden männlichen Reaktion und der einer schnelleren und dann abklingenden weiblichen Reaktion schneiden. Die Reaktion ist aber die Produktion der spezifischen Hormone der männlichen resp. weiblichen Differenzierung. Im Normalfall würde dieser Schnittpunkt erst nach Ablauf der Entwicklung eintreten; in den Intersexualitätsversuchen ist er aber infolge einer falschen Dosierung der den Reaktionsablauf bedingenden Stoffe (der Geschlechtsfaktoren) in die

Entwicklungszeit hinein zurückverschoben. Das folgende Kurvenschema gibt graphisch dieses Resultat wieder:

F ist die Kurve der Produktion der weiblichen Hormone, Mm die der männlichen Hormone im Normalfall, M_1m , M_2m usw. die der männlichen Hormone bei verschiedenen Graden weiblicher Intersexualität. Die Schnittpunkte

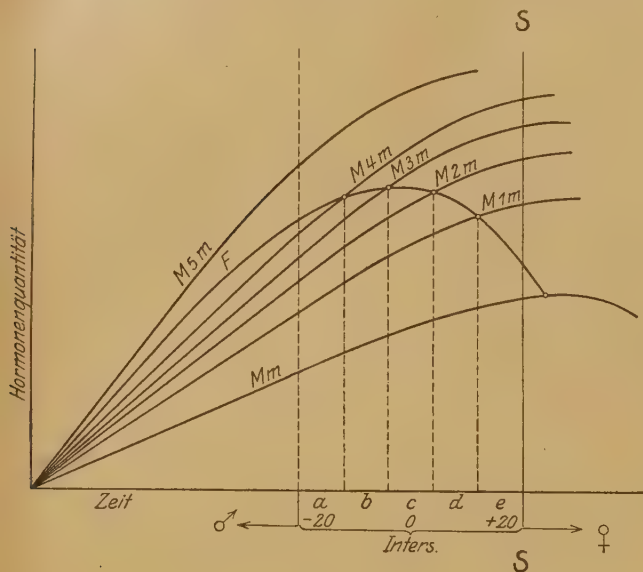


Fig. 1.

der F - und M -Kurve bedeuten den Drehpunkt. Die Ordinate $S-S$ bezeichnet das Ende der Entwicklung.

Ist nun die aus Vererbungsexperiment und entwicklungsmechanischer Analyse gewonnene Interpretation der Intersexualität richtig, so müßte es theoretisch möglich sein, Intersexualität direkt experimentell auch ohne Bastardierung zu erzeugen. Die folgende Fig. 2 gibt nochmals in gleicher Darstellung wie in Fig. 1 die Reaktionen wieder, wie sie bei normaler weiblicher Entwicklung ablaufen. Wenn es nun gelänge, die

punktierte Ordinate nach rechts zu verschieben, d. h. also die Entwicklungszeit zu verlängern, ohne daß die Kurven sich ändern, dann fiel der Schnittpunkt der beiden Kurven noch in die Entwicklungszeit des Individuums hinein und wir erhielten Intersexualität. In gleicher Weise müßten Zuchten, die eine bestimmte Intersexualitätsstufe liefern sollten, in einem solchen Versuch eine höhere Intersexualitätsstufe ergeben.

Von den bisher mit verschiedenartigen Methoden vorgenommenen Experimenten haben in der Tat Temperaturversuche ein einigermaßen positives Resultat ergeben. Und zwar wurden aus normalen weiblichen Puppen nach Behandlung mit $6-8^\circ$ Kälte Falter erzielt, die als intersexuell bezeichnet werden müssen. Allerdings trifft diese Bezeichnung nur teilweise zu. Während bei zygotischer Intersexualität das ganze Individuum nach Maßgabe der von uns gefun-

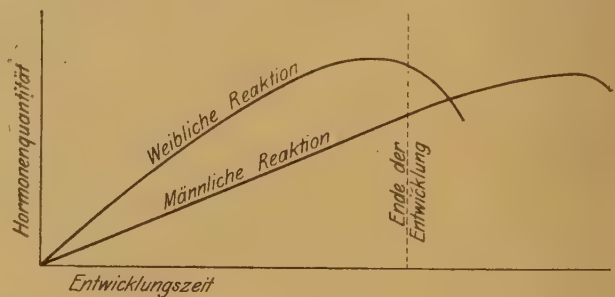


Fig. 2.

denen Gesetze intersexuell wird, sind es in diesen Versuchen nur einzelne Organsysteme, vor allem Antennen und Flügel. Eine Erklärung hierfür sei für einen späteren ausführlicheren Versuchsbericht vorbehalten. Auch für die zweite Möglichkeit, nämlich eine Verschiebung des Grades der Intersexualität in intersexuellen Zuchten wurde, allerdings nur in einem einzigen Temperaturversuch, ein positives Resultat erhalten. Es ist aber zu hoffen, daß weitere Experimente dieser Art zu weiteren positiven Resultaten führen werden.

Über das Arbeiten mit radioaktiven Substanzen.

Von Otto Hahn und Lise Meitner, Berlin-Dahlem.

Wenn man vom Arbeiten mit radioaktiven Substanzen spricht, denkt der Außenstehende zumeist nur an das Arbeiten mit Radium selbst, als dem Prototyp aller radioaktiven Körper. Und doch lassen sich die für die Radioaktivität maßgebenden Arbeitsmethoden und Arbeitsrichtungen keineswegs durch den Hinweis auf das Radium genügend charakterisieren. Vielmehr sind die zur Anwendung kommenden Methoden ganz verschieden je nach der Art der radioaktiven Substanz, die Gegenstand der Untersuchung ist.

Es sind zurzeit nahezu 40 verschiedene radio-

aktive Substanzen bekannt, und deren Strahlungsintensität und ihre damit proportionale Beständigkeit variiert in den weiten Grenzen von 1 zu etwa 10^{27} . Mit anderen Worten heißt das, wir kennen Substanzen, deren Umwandlungsgeschwindigkeit so gering ist, daß man auch nach vielen Jahrtausenden noch keine merkliche Abnahme beobachten kann; wir kennen andererseits Stoffe, deren Zerfall so ungeheuer energisch verläuft, daß man sie niemals von ihrer Muttersubstanz getrennt herstellen kann, nach Millionsteln Sekunden sind sie bereits zerfallen.

Im ersteren Falle handelt es sich um Elemente, die wie unsere gewöhnlichen chemischen Elemente auch den üblichen chemischen Methoden zugänglich sind, und die dementsprechend auch schon vor Entdeckung der Radioaktivität bekannt waren. Zu diesen gehören das Uran und das Thorium.

Sehr viel unbeständiger ist schon eine andere Gruppe von Elementen, zu denen etwa das Radium und das Ionium zu rechnen sind. Entdeckt wurden diese Körper erst durch ihre radioaktiven Eigenschaften. Das genauere Studium derselben, insbesondere der verschiedenen Strahlenarten, entwickelte diese zu einem analytischen Hilfsmittel, um die betreffenden Körper aus sehr großen Mengen Ausgangsmaterial in einer auch dem Chemiker zugänglichen Menge anzureichern. Dann können auch diese Körper nach den üblichen Methoden der analytischen Chemie etwa zu Atomgewichtsbestimmungen verarbeitet werden. Dieser Gruppe wird auch das vor wenig Jahren entdeckte Protactinium beizurechnen sein.

Die meisten radioaktiven Substanzen sind aber derartig unbeständig, daß sie nur in unwäg- baren und unsichtbaren Mengen vorhanden sind, und für diese kommen dann nur noch die rein radioaktiven Arbeitsmethoden in Frage, indem ihre charakteristischen Strahlen als alleiniges analytisches Hilfsmittel zur Untersuchung herangezogen werden.

Es ist klar, daß man beim Arbeiten mit verschiedenen derartigen Substanzen große Vorsichtsmaßregeln anwenden muß, um eine gegenseitige Infektion zu verhüten. Häufig ist es auch je nach der Problemstellung nötig, dieselbe Substanz in ganz geringer oder ganz großer Intensität zu verwenden. Einige spezielle Beispiele werden dies klar machen. Man kann eine β -strahlende radioaktive Substanz genau so durch die Art der ausgesendeten β -Strahlung charakterisieren wie ein gewöhnliches chemisches Element durch sein optisches Spektrum. So wie ein Lichtstrahl beim Durchgang durch ein Prisma je nach seiner Wellenlänge eine verschiedenen große Ablenkung erfährt, so wird ein β -Strahl beim Durchgang durch ein magnetisches Feld je nach seiner Geschwindigkeit verschieden stark abgelenkt. Man kann auf diese Weise das „magnetische Spektrum“ der β -Strahlen einer Substanz aufnehmen, und das wurde auch für sämtliche β -strahlenden Substanzen durchgeführt. Dazu bedurfte es verhältnismäßig sehr starker Präparate, die wieder je nach der Art der betreffenden Substanz nach verschiedenen Methoden gewonnen wurden. Beispielsweise wurde das zu untersuchende Radium entsprechend seinen chemischen Eigenschaften nach dem gewöhnlichen chemischen Verfahren gereinigt, während die kurzlebigen Substanzen wie ThB oder Uran X u. a. in unsichtbaren Niederschlägen auf dünnen Drähten nach eigens dazu ausgearbeiteten elektrolytischen Verfahren hergestellt wurden, wobei ihre An-

reicherung nur durch Strahlungsmessungen kontrolliert werden konnte. Für die Herstellung solcher unsichtbarer Uran-X-Präparate z. B. wurde mehr als 1 kg Uran aufgearbeitet. In anderen Fällen wieder, wo etwa Uran X als Indikator zum Nachweis eines mit ihm isotopen Elementes wie Ionium dienen soll, kommen sehr viel kleinere Mengen zur Verwendung und bei eventueller gleichzeitiger Bearbeitung beider Probleme muß sehr große Vorsicht, am besten eine räumliche Trennung der Untersuchungen eingehalten werden.

Ein noch besseres Beispiel für die verschiedenen Intensitäten, mit denen man zu tun haben kann, finden wir beim Protactinium. Von diesem wurde schon erwähnt, daß man es in auch dem Chemiker zugänglichen Mengen herstellen können. Um dies zu erreichen, sind Hunderte von Kilogramm Ausgangsmaterial erforderlich, aus denen man die winzigen Mengen Protactinium nach analytischen Methoden, immer kontrolliert durch die radioaktiven Messungen, allmählich herauszieht. Wir haben so Präparate erhalten, die viele 100mal, und hoffen später zu solchen zu gelangen, die hunderttausendmal stärker sind, als die Ausgangssubstanz.

Andererseits mußte aber dieses gleiche Element zum Zwecke einer Lebensdauerbestimmung aus käuflichen Uransalzen quantitativ abgeschieden werden, in denen es sich nur in äußerst minimalen Mengen vorfindet. Hier betragen die Aktivitäten an Protactinium im Verhältnis zum Ausgangsmaterial $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{10\,000}$.

Ganz unmöglich wäre es daher, wollte man diese beiden Arbeiten etwa in dem gleichen Raum mit denselben Glasgeräten oder dgl. ausführen. Denn die Gefäße, die bei der ersten Art der Untersuchung verwendet wurden, enthalten trotz gründlichster Reinigung immer noch viel mehr anhaftendes Protactinium, als den Gesamt- mengen, die bei der zweiten Untersuchung erhalten werden können, entspricht.

Handelt es sich um verschiedene radioaktive Substanzen, mit denen man zu tun hat, so lassen sie sich im allgemeinen durch ihre verschiedenen Strahlungseigenschaften unschwer nebeneinander erkennen, wenn nicht der eine Körper in einer anderen Größenordnung der Aktivität vorliegt als der andere und dadurch den anderen überdeckt. Immerhin gibt es aber auch verschiedene aktive Stoffe, die in ihren radioaktiven Eigenschaften so viele Ähnlichkeiten aufweisen, daß man sie auf den ersten Anblick leicht miteinander verwechseln kann. Ein Beispiel dafür bietet das Ionium und das Protactinium, die beide eine sehr konstante α -Strahlung ähnlicher Reichweite besitzen. Hier müssen dann die verschiedenen chemischen Eigenschaften gewissenhaft zu Hilfe gezogen werden, unter Umständen unter Zugabe eines radioaktiven Indikators, der dann die Unterscheidung der beiden Körper leicht ermög-

licht. So hat, wie schon erwähnt, das β -strahlende Uran X dieselben chemischen Eigenschaften wie das Ionium, und man kann damit bei chemischen Trennungen das α -strahlende Ionium sozusagen temporär in einen β -strahlenden Körper umwandeln, dessen Unterscheidung von dem α -strahlenden Protactinium dann leicht gelingt. Bevor man derartige einfache Unterscheidungsmethoden hat, können natürlich leicht Verwechslungen vorkommen, und die genannte Ähnlichkeit des Protactiniums mit dem Ionium ist vielleicht mit ein Grund dafür, daß das Protactinium trotz vielfachen Suchens erst im Jahre 1918 aufgefunden wurde. Erschwerend hat hier auch noch der Umstand mitgewirkt, daß in der Uranpechblende das Protactinium nur zu etwa 3 % der Aktivität des Ioniums vorkommt, also leicht neben diesem übersehen werden konnte. Besonders da es sich in diesem Fall um eine radioaktive Substanz mit noch unbekannten Strahlungseigenschaften handelte.

Verlangt nun schon der positive Nachweis der Existenz eines neuen Zerfallsproduktes große Vorsichtsmaßregeln, so müssen Infektionsmöglichkeiten noch viel ängstlicher ausgeschlossen werden, wenn es sich darum handelt, den Nachweis zu erbringen, daß ein etwa hypothetisch eingeführtes Zwischenprodukt sicher *nicht* existiert. Denn auch dieser negative Beweis kann von prinzipieller Wichtigkeit sein. So mußte man beim Radium, Radioactinium und Radiothor, da sie neben der α -Strahlung auch eine β -Strahlung besitzen, annehmen, daß diesen zwei Strahlengruppen entsprechend auch ein doppelter Zerfall stattfinde. Bei allen drei genannten Produkten ist nur das der α -Strahlung entsprechende Umwandlungsprodukt bekannt und es handelte sich also darum, das durch die β -Strahlung bedingte Zer-

fallsprodukt mit Sicherheit als existierend oder nicht existierend zu erweisen. Wir konnten beim Radium und Radioactinium nun zeigen, daß diese hypothetischen Zerfallsprodukte jedenfalls nur zu weniger als $\frac{1}{10\,000}$ der Intensität vorhanden sein können, den man ihnen als gewöhnlichen Umwandlungsprodukten zuschreiben müßte, d. h. sie existieren nicht. Dieses negative Ergebnis zeigt uns, daß in der derzeitigen Auffassung der radioaktiven Umwandlungsvorgänge noch Lücken vorhanden sind, die einer weiteren Klärung bedürfen. Natürlich ist bei solchen Versuchen jede andere im Versuchsraum vorhandene aktive Substanz eine große Erschwernis für richtiges Arbeiten. Ist man aber sicher, daß man jede Infektionsmöglichkeit vermieden hat; so wird man jeder beobachteten Abweichung Bedeutung beimessen können.

So haben beispielsweise gewisse minimale Unstimmigkeiten bei früheren Untersuchungen schwacher Protactiniumpräparate zur Auffindung einer neuen kurzlebigen radioaktiven Substanz geführt, deren Strahlungsintensität im Verhältnis zu der des Urans X, aus der sie sich herstellen läßt, nur wenige Promille beträgt. Trotz dieser äußerst geringen Aktivität konnte die neue Substanz in radioaktiv reiner Form abgeschieden und ihre Eigenschaften festgelegt werden.

Im allgemeinen ist es kaum möglich, daß in einem Institut, in dem mit sehr stark aktiven Substanzen gearbeitet wurde, später noch Untersuchungen mit Substanzen äußerst geringer Intensität vorgenommen werden können. In der radioaktiven Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie ist diese Möglichkeit durch Bereitstellung einer genügenden Anzahl von Zimmern in verschiedenen Flügeln des Hauses in weiten Grenzen gesichert.

Über den Ersatz der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Regeneration, ein experimenteller Beitrag zur Physiologie des Todes und der Fortpflanzung.

Von Max Hartmann, Berlin-Dahlem.

In früheren Arbeiten war die jahrzehntelang diskutierte Frage, ob Protisten bei Ausschaltung der Befruchtung ohne irgendwelche Schädigungen, sog. physiologische Degenerationen und Depressionen ad infinitum gezüchtet werden können, zur Entscheidung gebracht worden. Durch Versuche mit *Eudorina elegans*, bei denen dieses koloniebildende Phytoflagellat im Laufe von beinahe sechs Jahren über 1500 Generationen hindurch bei gleicher Teilungsrate völlig normal kultiviert wurde, war die Frage im positiven Sinne beantwortet und somit gezeigt, daß es ein Altern von Generationen auch bei Protisten nicht zu geben braucht (Hartmann 1917, 1921). Früher hatte man allgemein im Anschluß an Weismann angenommen, daß durch ein derartig einwandfreies Resultat zugleich bewiesen sei, daß die

Protisten potentiell unsterblich seien und es bei ihnen keinen physiologischen Tod aus inneren Gründen gäbe. Dieser letztere Schluß ist jedoch nicht zulässig. Vielmehr gibt es auch bei Protisten, worauf ich im Anschluß an Götze auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Betrachtungen schon mehrmals hingewiesen habe, einen natürlichen physiologischen *Individualtod*, wobei hier Tod und Fortpflanzung zusammenfallen. Als Tod der Protisten ist, da hier Leiche und Leichenteile vielfach fehlen, der scharfe Abschluß einer individuellen Entwicklung zu bezeichnen, der mit der Fortpflanzung zusammenfällt, während zugleich eine neue Entwicklung mit diesem Prozeß beginnt.

Da aber nicht der formale Nachweis eines physiologischen Todes der Protisten das wesent-

liche physiologische Problem ist, sondern die Frage nach einem *individuellen Altern*, so habe ich es für wichtig gehalten, das hier vorliegende Problem in eine scharf formulierte, physiologische Fragestellung zu bringen, die experimentell geprüft werden kann. Diese Fragestellung lautet: „Ist es möglich, geschlossene biologische Systeme (Individuen) dauernd in Assimilation und Wachstum zu erhalten ohne Alters- und Degenerationerscheinungen und ohne Reduktion des Systems durch Teilung (Fortpflanzung) oder sonstige Regulierungen?“ Oder umgekehrt ausgedrückt: „Sind mit der Assimilation und dem Wachstum auch bei Protisten, die sich nur durch Zweiteilung vermehren, nicht umkehrbare Entwicklungsvorgänge, also ein Altern verbunden und bedeutet die Fortpflanzung bzw. die Zellteilung bereits eine Verjüngung dieser Systeme?“ Um diese Frage experimentell zu prüfen, mußte man also versuchen, bei Protisten unter sonst optimalen Lebensbedingungen die Teilung zu unterdrücken, ohne Assimilation oder Wachstum zu schädigen. Versuche von Rubner (1908) an Hefen, und von mir (1905 und 1921) an den Volvocineen *Stephanosphaera* und *Gonium*, bei denen diese Bedingungen erfüllt werden konnten, hatten ergeben, daß es möglich ist, bei ungestörtem Wachstum zwar wochenlang die Teilung zu hemmen, daß aber schließlich derartige Kulturen (bei *Stephanosphaera* und *Gonium* entstanden dabei Riesenformen) stets zugrunde gingen. Daraus kann geschlossen werden, daß die Fortpflanzung nicht nur eine Vermehrung, sondern auch eine Verjüngung der Lebenssubstanz bedeutet.

Dieses Resultat legte nun die Frage nahe, ob es nicht möglich sei, diese *verjüngende Wirkung der Fortpflanzung durch eine andere Regulation des Systems zu ersetzen*, sowie die Frage, ob nicht natürlicherweise andere Regulationen vorkommen. Als Prozesse, die eine verjüngende Wirkung in diesem Sinne erzeugen, wurden von Götze und vor allem von Richard Hertwig die Encystierung der Protisten angesprochen, wofür auch neuere Versuche von Jahn bei Myxomyceten sprechen. Die Frage läßt sich jedoch von einem ganz anderen Gesichtspunkt aus behandeln. Man hat vielfach angenommen, und Popoff und Woodruff u. a. haben durch schöne Versuche an Infusorien die Richtigkeit dieser Ansicht erwiesen, daß die Anhäufung von Exkretstoffen dieser Tiere selbst die Depressionen und Degenerationen hervorruft. Andererseits hat Child den beachtenswerten Gedanken ausgesprochen, daß in den älteren Zellen der ganze Metabolismus gehemmt sei und daß durch die Teilung eine Verjüngung durch Zunahme des Metabolismus und Forträumung der für den Metabolismus vorhandenen strukturellen Hindernisse zustande komme. Wenn diese beiden Gedankengänge richtig sind (und für den ersteren sprechen die ausgeführten Versuche in hohem Maße), dann müßte es aber möglich sein, durch eine andersartige Regulation,

nämlich die periodische künstliche Verkleinerung des biologischen Systems vor Eintritt der natürlichen Teilung die verjüngende Wirkung des Systems zu erzielen und auf diese Weise eventuell auf längere oder kürzere Zeit die Fortpflanzung auszuschalten.

Aus diesen Gedankengängen heraus wurden bei einer Reihe von Turbellarien, Oligochäten und Protozoen, spez. Infusorien derartige Versuche ausgeführt. Am günstigsten erwiesen sich bisher die Turbellarien *Stenostomum leucops* und *unicolor*, sowie das bekannte Infusor *Stentor coeruleus*. Die betreffenden Formen wurden unter gleichmäßigen Bedingungen (gleiches Futter, konstante Temperatur) kultiviert und ihre Teilungsrate ermittelt. Stets rechtzeitig vor den ersten Anzeichen einer Teilung wurde hierauf ein Teil des Körpers abgeschnitten, und verschiedene Serien solcher regelmäßigen Amputationen nebeneinander geführt. So wurde in einer Serie das Tier möglichst genau halbiert, das Vorderende weitergezüchtet und nach entsprechender Zeit dasselbe Verfahren wiederholt, während in einer zweiten Serie das in gleicher Weise erzeugte Hinterende weitergezüchtet und weiterbehandelt wurde. In einer dritten und vierten Versuchsreihe dagegen wurde stets nur ein kleiner Teil des Körpers (Hinter- resp. Vorderende) amputiert und die größeren Teile weitergezüchtet usw. Die beiden letzten Versuchsanordnungen sind wohl für das in Frage stehende Problem noch von entscheidenderer Bedeutung, da man bei der einfachen Halbierung den Einwand erheben könnte, daß durch die Operation nur die normale Zweiteilung (zwar etwas verfrüht) durchgeführt würde.

Mittels der eben geschilderten Methoden konnte bei den genannten Formen in der Tat lange Zeit (mehrere Monate) hindurch ohne nachweisbare Schädigungen die Fortpflanzung ausgeschaltet und die Tiere in dauerndem Wachstum erhalten werden. So gelang es in einer Versuchsreihe mit *Stenostomum leucops* durch 20 periodische Amputationen mit nachfolgender Regeneration des Hinterendes das System dauernd in Funktion zu erhalten, während in den parallel geführten Schwesterkulturen zu gleicher Zeit gegen 30 Fortpflanzungsvorgänge stattfanden. Bei einer Versuchsserie von *Stentor coeruleus* wurden 34 Zellteilungsgenerationen durch 25 periodische Amputationen mit nachfolgender Regeneration ersetzt. *Durch die periodische künstliche Verkleinerung des Systems wurde also der gleiche Effekt erzielt wie durch die normale Zweiteilung, d. h. eine fortgesetzte periodische Verjüngung und eine dadurch ermöglichte ungehinderte Assimilation und ein ungehindertes Wachstum ohne Schädigung für das System.*

Literatur:

Child, C. M., 1911: Senescence rejuvenescence based on experiments with Planaria. Arch. Entwicklungs-mech. Bd. 31.

- Götte, A., 1883: Über den Ursprung des Todes. Hamburg und Leipzig.
- Hartmann, M., 1906: Tod und Fortpflanzung. München.
- 1917: Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels (Entwicklung, Fortpflanzung, Befruchtung und Vererbung) der Phytomonadinen (Volvocales) II. Mitt. Sitz.-Ber. d. kgl. Akad. d. Wiss. Bd. 52, S. 760.
- 1921: Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels (Entwicklung, Fortpflanzung, Befruchtung und Vererbung) der Phytomonadinen (Volvocales) III. Mitt. Arch. f. Protistenk. Bd. 43, H. 1.
- Hertwig, R., 1906: Über die Ursache des Todes. Beil. z. Allgem. Ztg. München, Nr. 288/89.
- Jahn, E., 1920: Lebensdauer und Alterserscheinungen eines Plasmodiums (Myxomycetenstudien Nr. 10). Ber. d. Dtsch. Ges., Bd. 37.
- Popoff, M., 1909: Experimentelle Zellstudien III. Über einige Ursachen der physiologischen Depression der Zelle. Arch. f. Zellforsch. Bd. 4, H. 1.
- Rubner, M., 1908: Das Problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zu Wachstum und Ernährung. München und Berlin.
- Weismann, A., 1882: Über die Dauer des Lebens. Jena.

Röntgenspektrographische Beobachtungen an hochmolekularen organischen Verbindungen.

Von R. O. Herzog und W. Jancke, Berlin-Dahlem.

1. Vor einiger Zeit haben wir röntgenspektrographische Beobachtungen an Faserstoffen mitgeteilt¹⁾. Es hatte sich gezeigt, daß Zellulose und Seide eine gleichartige Feinstruktur besitzen: sie werden von Kristallsplittern (Kristalliten) aufgebaut, die mit einer Hauptachse in der Faserichtung geordnet sind. Kunstseide aus sog. Zellulosehydrat besteht dagegen aus ungeordnet aneinander gekitteten Kristalliten. Überraschend war, daß Acetatseide (Acetylzellulose) das Bild amorpher Körper lieferte.

Weitere Versuche haben ergeben, daß auch Nitrozellulose amorph erscheint; das denitrierte Produkt ist dagegen wieder kristallinisch. Äthylzellulose erwies sich als amorph, Zellulose-xanthogenat als kristallinisch. Es scheint also, als ob die in organischen Solventien löslichen Zellulosederivate sich aus der Lösung nicht kristallin abscheiden, dagegen die aus wässriger Lösung gefällten Derivate. Damit dürfte auch zusammenhängen, daß nur die ersten in dicker Schicht als *Films Verwendung* finden können, während dickere Schichten von Hydrozellulose trüb durchscheinend sind.

In der zitierten Mitteilung wurde angegeben, daß Stärke kristallisiert ist. Dasselbe Verhalten zeigte ein Präparat von Amylodextrin²⁾. Acetylierte Stärke erwies sich jedoch als amorph.

Ähnliche Verhältnisse wurden auch bei Inulin gefunden. Das Kohlehydrat ist kristallisiert, sein Acetat dagegen amorph. Dies erscheint um so überraschender, als das Molekulargewicht dieses Kohlehydrats keineswegs sehr hoch ist.

Zum Vergleich wurde ein Bild des kristallisierten Zellobioseoktacetats aufgenommen, die erwarteten Interferenzen traten deutlich auf.

2. Weiterhin wurden „kristallisierte“ Proteine untersucht. Sehr gut ausgebildete Kristalle von

Albumin aus Pferdeserum gaben das Bild eines amorphen Stoffes, ebenso kleinere Kristalle desselben Eiweißstoffes, desgleichen von Edestin, wie endlich von Oxyhämoglobin³⁾. Das gleiche Ergebnis wurde bei der Aufnahme von Fibrin erhalten, einem Eiweißkörper, von dem man gleichfalls annehmen mußte, daß er fein kristallinisch sei. Endlich sei noch angeführt, daß auch nucleinsaures Natrium sich wie ein amorpher Stoff verhielt.

Sehr auffallend und in gleichem Sinne wie die angegebenen Versuche war, daß eine Säule von großen nicht zertrümmerten Albuminkristallen keine Abbildung der Kristalle zeigte, wie sie sonst bei Kriställchen solcher Größe auftritt.

Nicht minder bemerkenswert erscheint, daß sich der erhebliche Salzgehalt der Eiweißkristalle nicht bemerkbar macht. Dies entspricht anderen Beobachtungen über Adsorption, die wir gemacht hatten; die adsorbierten Stoffe erscheinen nicht mehr kristallinisch.

Zur Klärung wird es weiterer Versuche bedürfen.

3. Vor einiger Zeit ist in den „Naturwissenschaften“⁴⁾ auf die Wahrscheinlichkeit hingewiesen worden, daß die Festigkeit der natürlichen Fasern in der axialen Ordnung ihrer Strukturelemente begründet sei. Durch die röntgenspektrographische Untersuchung ist diese Annahme gestützt worden. Es ist nun auch bei Kunstfasern aus verschiedenem Material versucht worden, einen Richtungseffekt durch Dehnen, Pressen, Drahtziehen usw. zu erzielen, um damit die Festigkeit zu erhöhen. In der Tat konnte ein Hinweis auf Orientierung durch die röntgen-

¹⁾ Ber. d. D. chem. Ges. 53, 2162 (1920), vgl. auch Scherrer in Zsigmondy, Kolloidchemie, 3. Aufl., 1920.

²⁾ Vgl. A. Meyer, Analyse d. Zelle 1920, S. 246.

³⁾ Veränderungen der Präparate durch Bestrahlung, die Herr Scherrer i. c. annimmt, konnten nicht festgestellt werden. Zur Vermeidung der Einwirkung der Luftgase wurde das Präparat in einer Glaskapillare bestrahlt, in der es im Hochvakuum eingeschlossen war.

⁴⁾ Die „Naturwissenschaften“ 1920, S. 673.

spektrographische Untersuchung wiederholt mehr oder weniger stark erhalten werden⁵⁾.

⁵⁾ Wir haben an dieser Stelle einer Reihe von Kollegen den verbindlichsten Dank für gütige Überlassung von Präparaten auszusprechen: den Herren E. Berl

(nitrierter und denitrierter Faden), H. Pringsheim (Inulin, Inulinacetat), A. Meyer (Amylodextrin), A. Gürber (Serumalbumin), H. Fischer (Oxyhämoglobin), H. Steudel (nucleinsaures Natrium). — Ferner sind wir Herrn Dipl.-Ing. K. Becker für die Durchführung einiger Versuche zu herzlichem Dank verpflichtet.

Über Eigenspannungen in Metallen, ihre Ursachen und Folgen.

Von E. Heyn, Berlin-Neubabelsberg.

Man ist leicht geneigt, anzunehmen, daß ein Körper aus irgendeinem Stoff, auf den keine äußeren Kräfte einwirken, spannungslos sei. So macht man z. B. bei jedem Zerreißversuch ohne weiteres die Voraussetzung, daß, solange die äußere, den Probestab auf Zug beanspruchende Kraft $P=0$ ist, auch die Zugspannung σ den Wert 0 hat, weil ja $\frac{P}{F}=0$ ¹⁾. Und doch ist diese

Voraussetzung ganz willkürlich und in vielen Fällen völlig unzutreffend, nämlich dann, wenn im Körper innere Kräfte vorhanden sind, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten und so Spannungszustände erzeugen, ohne daß eine äußere Kraft zur Einwirkung gelangt. In einem Zerreißstab kann also in einem solchen Falle trotz $P=0$ die Spannung σ in einem bestimmten Teil des Stabquerschnittes wesentlich von 0

verschieden sein. Auch die Formel $\sigma = \frac{P}{F}$ für

eine endliche äußere Kraft P ist dann nicht richtig, da die Spannung σ in irgend einem Teil des Querschnittes infolge des Zusammenwirkens der ursprünglichen, bei $P=0$ vorhandenen und der durch die äußere Kraft P erzeugten Spannung einen von $\frac{P}{F}$ ganz verschiedenen Wert annehmen kann.

Spannungen, die in einem Körper bestehen, ohne daß auf ihn eine äußere Kraft P oder ein System von äußeren Kräften einwirkt, sollen als *Eigenspannungen* bezeichnet werden. Es ist für die praktische Verwendung der Werkstoffe zu Konstruktionsteilen von außerordentlicher Wichtigkeit, darüber unterrichtet zu sein, ob Eigenspannungen vorhanden sind oder nicht, und welche Beträge ihnen zukommen. Nur nach Beantwortung dieser Frage kann man mit einiger Sicherheit auf die Spannungen schließen, die in den Konstruktionsteilen während ihrer Benutzung unter der Einwirkung von äußeren Kräften auftreten, und deren Größe für die Sicherheit der Teile von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Oft erzeugt man Eigenspannungen in Konstruktionsteilen absichtlich. Einen solchen Fall stellt zum Beispiel die Ringkanone dar. Der äußere Ring, der warm auf das Seelenrohr aufgezogen wird, sucht sich während seiner Er-

kaltung zusammenzuziehen und übt nach innen gerichtete Kräfte auf das Seelenrohr aus, welche dessen Durchmesser zu verringern bestrebt sind. Diesen Kräften wird das Gleichgewicht gehalten durch nach außen gerichtete Kräfte, mit denen das Seelenrohr den Durchmesser des Ringes zu vergrößern sucht. Die Eigenspannungen sind hier absichtlich erzeugt. Wenn ihre Verteilung und Größenordnung richtig bemessen ist, so liefern sie für die Beanspruchung des Rohres beim Schuß günstigere Verhältnisse, gewähren also einen Vorteil. — Eine Schraubenverbindung ist auch ein mit Eigenspannungen absichtlich behaftetes System. Nachdem die Mutter angezogen ist, herrscht in dem Schraubenschaft, ohne daß äußere Kräfte vorhanden sind, infolge einer geringen elastischen Dehnung eine Zugkraft, welcher durch eine Druckkraft das Gleichgewicht gehalten wird, die von der elastischen Zusammendrückung der beiden durch die Schrauben aufeinander gepreßten Teile in der Richtung ihrer Dicke herrührt.

Während man in den beiden genannten Fällen der absichtlich erzeugten Eigenspannungen und in vielen ähnlichen Fällen darüber unterrichtet ist, daß Eigenspannungen vorhanden sind und man ihren Betrag abzuschätzen vermag, entsteht sofort Gefahr, wenn Konstruktionsteile mit Eigenspannungen verwendet werden, über deren Vorhandensein und Größe man nicht oder nicht genügend aufgeklärt ist. Es ist deswegen von hoher Wichtigkeit, über die Umstände, unter denen solche nichtbeabsichtigten Eigenspannungen entstehen können, über die Verfahren zur Beurteilung ihrer Größe und ihrer Verteilung und über die Mittel zu ihrer Beseitigung möglichst weitgehende Untersuchungen anzustellen.

Es ist zunächst die Frage zu beantworten, wann Eigenspannungen entstehen können. Wir wollen als „natürliche“ Abmessungen eines Stoffteiles diejenigen bezeichnen, welche er ungehindert unter dem Einfluß der von außen auf ihn einwirkenden Kräfte, der jeweiligen Temperatur und (bei organischen Stoffen) der jeweiligen Feuchtigkeit annimmt. Hat ein Körper aus irgendeinem Werkstoff in allen seinen Teilen die natürlichen Abmessungen, so ist er frei von Eigenspannungen. Diese letzteren können nur dann entstehen, wenn miteinander starr verbun-

¹⁾ F = Querschnitt des Probestabes.

dene Teile des Körpers sich gegenseitig verhindern, ihre natürlichen Abmessungen anzunehmen, und wenn dabei ein Ausgleich der Abmessungen unter elastischer Formänderung entsteht.

Dies möge durch einige Beispiele aus dem Gebiet der Wärmespannungen erläutert werden.

1. Die Stäbe I, II und II' in Fig. 1 sollen in einem bestimmten Augenblick gleiche gemeinschaftliche Länge l_t und gleiche Anfangstemperatur t haben. Äußere Kräfte wirken auf sie nicht ein. Sie haben die Möglichkeit, ungehindert die natürliche Länge anzunehmen, die den äußeren Kräften $P=0$ und der Temperatur t entspricht. Nunmehr denken wir uns die drei Stäbe starr miteinander verkuppelt und die beiden äußeren Stäbe II und II' auf die höhere Temperatur T erhitzt, während der innere Stabteil I seine ursprüngliche Temperatur t beibe-

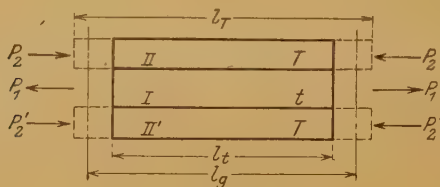


Fig. 1.

hält. Die Stabteile II und II' haben jetzt wegen der Erwärmung $T-t$ die natürliche Länge l_T , die größer als die ursprüngliche Länge l_t ist. Die Länge l_T ist in der Figur stark übertrieben gezeichnet. Infolge der starren Verkuppelung der drei Stäbe kann keiner von ihnen seine natürliche Länge annehmen; sie müssen sich alle drei auf eine gemeinschaftliche Länge l_g einigen, welche kleiner als l_T und größer als l_t ist. (l_g ist abhängig von den Querschnitten der Stabteile II, I und II'.) Die Folge ist, daß auf die Stäbe II und II' innere Kräfte $P_2 = P_2'$ entsprechend der Verkürzung $l_T - l_g$, und auf den Stab I eine der Verlängerung um $l_g - l_t$ entsprechende Zugkraft P_1 ausgeübt wird, sowie es die Pfeile in Fig. 1 andeuten.

a) Sind die Stabteile I, II und II' unter den ins Auge gefaßten Verhältnissen fähig, die Längenunterschiede $l_T - l_g$ und $l_g - l_t$ rein elastisch auszugleichen, so haben wir ein System mit Eigenspannungen vor uns. Die Kräfte $P_2 + P_2' - P_1 = 0$ halten sich gegenseitig das Gleichgewicht.

b) Stellt man sich die Stabteile I, II und II' aus einem Stoff bestehend vor, der unter den obwaltenden Umständen nur bildsamer Formänderungen fähig ist, so wird unter dem Einfluß der Kräfte P_1 , P_2 und P_2' durch bleibende Formveränderung ein Längenausgleich stattfinden. Nachdem dieser sich vollzogen hat, sind keine Kräfte mehr vorhanden. Das System ist also frei von Eigenspannungen. Eigenspannungen sind immer nur an elastischen Ausgleich der Abmessungen gebunden.

c) Wenn der Längenausgleich teils durch elastische, teils durch bildsame Formänderungen erfolgt, so liegt der Fall zwischen den beiden oben angeführten Grenzfällen 1a und 1b.

d) Gehen wir von dem Fall 1a aus, bei dem unter dem Einfluß des Temperaturunterschiedes $T-t$ Eigenspannungen vorhanden sind, und lassen wir nunmehr die beiden Stäbe II und II' wieder von T auf t abkühlen, so kann jeder der drei Stabteile I, II und II' seine, dieser Temperatur t entsprechende natürliche Länge l_t ohne gegenseitige Behinderung wieder annehmen. Infolgedessen ist nach dem Temperatúrausgleich das System frei von Eigenspannungen. Die in dem Fall 1a auftretenden Eigenspannungen waren nur vorübergehender Natur und bestehen nur, solange der Temperaturunterschied $T-t$ aufrecht erhalten wird.

e) Wir wollen jetzt voraussetzen, daß die Stabteile II und II' auf eine so hohe Temperatur T erhitzt worden sind, daß das Material, aus dem sie bestehen, im wesentlichen nur noch bildsamer Formänderung fähig ist, während die Temperatur t des Stabteiles I in einer Zone liegt, bei der der Stoff innerhalb der im besonderen Beispiel angenommenen Grenzen nur elastische Formänderungen ermöglicht. Die Folge wird dann sein, daß der Längenausgleich auf die gemeinschaftliche Länge l_t im wesentlichen durch bildsame Formänderung der Stäbe II und II' stattfindet, ohne daß erhebliche elastische Formveränderungen auftreten. Der Längenausgleich wird sich dann ohne Entstehung von Eigenspannungen vollziehen. Wir haben trotz der Temperaturverschiedenheit ein von Eigenspannungen freies System.

f) Die Sachlage wird aber anders, wenn nach dem, während des Bestehens des Temperaturunterschiedes $T-t$ erfolgten bildsamen Längenausgleich in Absatz 1e) die Temperatur der Stabteile II und II' wieder auf die gleiche Temperatur t gebracht wird, die der Stabteil I beibehalten hat. Die Stabteile II und II' werden sich dann während des Temperaturabfalls von T auf t von der gemeinschaftlichen Länge l_t auf eine natürliche Länge l_2 (kleiner als l_t) verkürzen wollen, während der Stab I wegen seiner unverändert beibehaltenen Temperatur t keinen Grund hat, seine Länge zu verringern, er möchte vielmehr seine natürliche Länge l_t beibehalten. Da wegen der niedrigen Temperatur t jetzt auch die beiden Stäbe II und II' aus dem Gebiete der vorwiegend bildsamen Formveränderung in das Gebiet der elastischen Formänderung übergetreten sind, so kann der Längenunterschied $l_t - l_2$ nur durch elastische Formänderung, also unter Entstehung von Eigenspannungen ausgeglichen werden. Die Eigenspannungen treten somit in diesem Falle nach dem Temperatúrausgleich ein und bleiben bestehen, solange die Stäbe I, II und II' gleiche Temperatur besitzen.

In die eben genannte Klasse von Eigenspannungen gehören die Spannungen in Guß- und Schmiedestücken infolge der ungleichmäßigen Abkühlung einzelner ihrer starr miteinander verbundenen Teile von der Gieß- bzw. von der Schmiedehitze auf die gewöhnliche Temperatur. Über die schädlichen Wirkungen von Gußspannungen, die im ungünstigen Falle sogar zur explosionsartigen Zertrümmerung der Gußstücke führen können, ist man durch die Erfahrung genügend aufgeklärt und ist nach Möglichkeit bestrebt, ihnen entgegen zu arbeiten.

2. Ähnliche Verhältnisse, wie in Absatz 1 geschildert, können eintreten, wenn die drei Stäbe I, II und II' beispielsweise aus Holz bestehen, und wenn bei unveränderter Temperatur t die beiden äußeren Stäbe II und II' Gelegenheit haben, mehr Feuchtigkeit aufzunehmen, als der

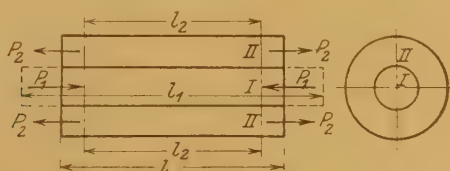


Fig. 2.

Stab I. Die natürliche Länge der Stäbe II und II' wird dann infolge der Quellung lg , und diese Länge ist größer als die ursprüngliche gemeinschaftliche Länge l ; während die natürliche Länge des Stabes I, dessen Feuchtigkeitsgehalt unverändert geblieben ist, nach wie vor l ist. Der Längenunterschied $lg - l$ muß durch elastische Formänderung ausgeglichen werden und damit treten in dem System Eigenspannungen auf, die ich als *Quellspannungen* bezeichnen möchte.

Messung der Größenordnung von Eigenspannungen. Wenn in einem System mit Eigenspannungen die starre Verbindung der verschiedenen Teile mit verschiedenen natürlichen Abmessungen gelöst wird, so werden diese Teile ihren natürlichen Abmessungen zustreben. Die starre Verbindung kann z. B. dadurch gelöst werden, daß man einzelne der starr miteinander verbundenen Teile entfernt. Fig. 2 möge eine Rundstange von der Länge l vorstellen, in welcher die äußere Ringschicht II in der Längsrichtung unter Zugspannungen, die innere Kernschicht I unter Druckspannungen steht. Dann wird die natürliche Länge l_2 des Ringes II kleiner als die gemeinschaftliche Länge l und die natürliche Länge l_1 des Kernes I größer, als die gemeinschaftliche Länge l sein.

Die Zugkraft P_2 , die den Ring II elastisch um $l - l_2$ dehnt, ist gleich der Druckkraft P_1 , welche den Kern I elastisch um $l_1 - l$ zusammendrückt. Wird durch das Abdrehen des äußeren Ringes II die Kraft P_2 beseitigt, so findet der Kern I kein Hindernis mehr, seine natürliche Länge l_1 anzunehmen; er wird sich infolgedessen von l auf l_1 ausdehnen und aus dem Maße dieser

Ausdehnung läßt sich die Kraft P_1 und daraus die Druckspannung σ_1 berechnen, welche auf den Kern I in dem mit Eigenspannungen behafteten ursprünglichen Stab wirkte. Da $P_2 = P_1$, so ist auch die Zugkraft im Ring II und die dort herrschende Spannung bekannt.

In Wirklichkeit darf man sich die Spannungen nicht bloß auf zwei Schichten I und II verteilt denken, sondern auf unendlich viele dünne Schichten. Man geht deshalb zur Ermittlung der Größe der Spannungen so vor, daß man planmäßig von außen her dünne Schichten abdrehet und nach jedesmaliger Abdrehung die Längenänderung des Stabrestes feststellt. Diese Längenänderungen dienen dann zur Berechnung der im ursprünglichen Stab vorhanden gewesenen Eigenspannungen, soweit diese parallel zur Stabachse wirken. Da die Längenänderungen elastischer Art sind, so sind sie bei metallischen Stoffen ihrem Betrag nach sehr klein, und es ist deswegen erforderlich, verhältnismäßig empfindliche Meßinstrumente zu verwenden. (Siehe Literaturverzeichnis am Schluß.)

Reckspannungen. Das oben in großen Zügen angegebene Meßverfahren gestattete es dem Verfasser, Untersuchungen anzustellen über Spannungen, die in Werkstücken auftreten, die ihre Formgebung durch Bearbeiten bei gewöhnlichen Wärmegraden (Kalthämmern, Kaltziehen, Kaltwalzen usw., *allgemein Kaltrecken*) erhalten haben. Es stellte sich dabei heraus, daß in solchen Werkstücken sehr erhebliche Eigenspannungen (Reckspannungen) vorkommen können, die für die technische Verwendbarkeit des kaltgereckten metallischen Werkstoffes von hoher Bedeutung sind, unter Umständen sogar verhängnisvoll werden können.

Die Reckspannungen entstehen dadurch, daß verschiedene Schichten des Metalles bei der Formgebung verschieden stark kalt gereckt werden. Wird z. B. ein Draht durch ein Ziehseil gezogen, so wird durch den im Ziehseil ausgeübten Druck quer zur Längsrichtung eine Querschnittsverminderung hervorgebracht, die ihrerseits wiederum eine Vergrößerung der Länge herbeizuführen sucht, da ja das Volumen nahezu das gleiche bleibt. Die äußeren Schichten des Drahtes werden bei diesem Bestreben, ihre Länge zu vergrößern, durch die Reibung des Metalles an den Wänden des Ziehseils behindert, während die mehr nach der Achse zu gelegenen Schichten diesem Bestreben in stärkerem Maße nachgeben können. Diese Längenänderungen sind im wesentlichen bildsamer Art, können also nicht zu Eigenspannungen Veranlassung geben. Metallische Stoffe können nun aber im allgemeinen nicht ausschließlich bildsame Formänderung erleiden, sondern neben diesen gehen stets auch elastische Formänderungen her. Es werden also die in der Streckung voreilenden axialen Schichten des Drahtes auch durch elastische Formänderung eine größere Länge anzunehmen bestrebt

sein, als die äußeren Schichten. Dieser Unterschied muß durch elastische Formänderung zu einer gemeinschaftlichen Länge ausgeglichen werden und dadurch werden die Eigenspannungen hervorgebracht. Wenn auch die elastisch ausgeglichenen Längenunterschiede sehr klein sind, so entsprechen sie doch großen Kräften, weil ja der Elastizitätsmodul bei Metallen im allgemeinen eine große Zahl ist.

Die Reckspannungen können unter Umständen bis nahe an die Bruchgrenze des Materials herangehen. So kann es z. B. bei Dampfturbinschaufeln aus hochprozentigem Nickelstahl vorkommen, daß durch nicht ganz sachgemäße Formgebung durch Kaltrecken Reckspannungen bis nahe an die Bruchgrenze erzeugt werden. Treten dann noch infolge von Temperaturunterschieden auf den beiden Flächen der Schaufeln periodisch wechselnde Zusatzspannungen hinzu, so kann durch die gemeinschaftliche Wirkung bei häufiger Wiederholung Bruch entstehen. Die Schaufeln zeigen auf der einen Fläche Scharen von Querrissen, die den Querschnitt soweit schwächen, daß schließlich unter dem Einfluß der Zentrifugalkraft Abreißen eintritt.

Eine häufig zu beobachtende Erscheinung bei stark ungleichmäßig kaltgereckten Messinggegenständen ist das freiwillige Aufreißen. Dieses ist eine Folge von sehr starken Reckspannungen und tritt namentlich dann auf, wenn die Verteilung der Reckspannungen derartig ist, daß die Zugspannungen in den Oberflächenschichten, die Druckspannungen in den inneren Schichten vorhanden sind. So ist es wiederholt vorgekommen, daß Kondensatorrohre aus Messing mit starken Reckspannungen lediglich beim Lagern im Magazin aufgerissen sind. Das Reißen tritt oft erst nach längerer Zeit, unter Umständen erst nach Jahren ein. Es kann begünstigt werden durch zusätzliche Eigenspannungen (durch ungleichmäßige Erwärmung oder Abkühlung), ferner durch Oberflächenverletzung und besonders auch durch Ätzwirkungen auf die mit Zugspannungen behaftete Oberflächenschicht. Als ätzende Stoffe kommen namentlich in der Luft enthaltenes Ammoniak oder Schwefligsäuregas in Betracht. Auch durch das Ätzen mit Quecksilber-Salzlösung oder mit Quecksilber selbst, kann man Aufplatzen in kurzer Zeit herbeiführen, wenn die Reckspannungen beträchtlich sind und die Oberflächenschichten unter Zugspannungen stehen. Man benutzt dies vielfach als Mittel, um sich über die Stärke und Verteilung der Eigenspannungen einen ungefähren Aufschluß zu verschaffen. Ähnlich wie Quecksilber wirkt auch Zinnoberanstrich bei Gegenwart von Feuchtigkeit, nur ist die Wirkung wesentlich langsamer. Es ist deswegen nicht zu empfehlen, Messinggegenstände, die infolge des Kaltreckens starke Eigenspannungen aufweisen, mit diesem Anstrich zu versehen.

In stark kalt gewalzten Aluminiumblechen, die hohe Reckspannungen aufweisen, kann bereits

die Ätzwirkung des gewöhnlichen Leitungswassers örtlich zur Auslösung der Spannungen und zum Aufblättern der einzelnen Schichten des Bleches wie ein Pack Karten führen. An solchen Stellen ist dann der Angriff des Wassers besonders kräftig.

Mittel, um den Spannungen entgegen zu wirken. Das sicherste Mittel, um die Eigenspannungen zu beseitigen, ist Erwärmen auf eine Temperatur, bei welcher unter dem Einfluß der inneren Kräfte Ausgleich der Abmessungen durch bildsame Formänderung eintreten kann. Die Spannungen werden also durch Glühen beseitigt. Es ist aber bei der Abkühlung nach der Glühung zu beachten, daß der Temperaturabfall möglichst langsam vor sich geht, weil sonst durch ungleichmäßige Abkühlung der miteinander starr verbundenen Teile des Werkstückes aufs neue Eigenspannungen erzeugt werden können. Auch bei der Erhitzung des Werkstückes zum Zwecke des Glühens ist Vorsicht geboten. Wenn die Erhitzung zu rasch vor sich geht und nicht alle Teile des mit Eigenspannungen behafteten Werkstückes zu gleicher Zeit die gleiche Temperatur annehmen, so können durch die Temperaturverschiedenheiten Zusatzspannungen auftreten, die gegebenenfalls zum Zerreißen des Werkstückes führen können.

Bei kaltgereckten Werkstücken ist der Zweck der Kaltreckung vielfach die Erhöhung der Festigkeit des Werkstoffes. Diese wird aber durch Glühen wieder aufgehoben. Glücklicherweise ist es nun möglich, einen wesentlichen Teil der Reckspannungen durch Erwärmen auf Temperaturen zu beseitigen, die wesentlich unter derjenigen Grenztemperatur liegen, bei der die Festigkeitssteigerung durch das Kaltrecken vollständig wieder rückgängig gemacht wird. Man kann dieses Erwärmen als Tempern oder als Anlassen bezeichnen und wesentlichen Nutzen daraus ziehen.

Durch Beobachtungen an Messingstangen mit starken Reckspannungen während längerer Zeiträume konnte der Verfasser mittels seines Meßverfahrens feststellen, daß die Spannungen mit der Zeit etwas nachlassen, weil auch bei gewöhnlicher Temperatur im Laufe größerer Zeiträume, wenn auch nur sehr langsam, durch geringe bildsame Formänderungen ein Ausgleich entsteht. Trotz dieser schwachen Verminderung des Spannungszustandes kann er für das Werkstück unter Umständen gefährlicher werden, als er ursprünglich vor der Lagerung war. Es konnte zum Beispiel beobachtet werden, daß die in den Oberflächenschichten vorhandene Zugspannung durch jahrelanges Lagern erhöht wurde, was die Neigung des Werkstückes zum Aufreißen begünstigte. Dadurch erklärt es sich wohl auch, daß kaltgereckte Messingteile oft erst nach Jahren Risse bekommen.

Diese langsame Veränderung des Spannungszustandes bei gewöhnlicher Temperatur und die

damit zusammenhängende Änderung der Abmessungen des Werkstückes können auf Meßwerkzeuge störend wirken. Man läßt, um diese Störung zu beseitigen, das Werkzeug „altern“, beispielsweise durch lange Lagerung vor dem Gebrauch. Wie aus dem Obigen hervorgeht, kann man durch schwache Temperatursteigerung den Vorgang des Alterns wesentlich beschleunigen. So altert man z. B. Meßwerkzeuge aus gehärtetem Stahl, die infolge der Härtung starke Eigenspannungen erhalten haben, durch längeres Erwärmen auf 100°.

Zuweilen kann man die Reckspannungen in kalt gereckten Werkstücken dadurch vermindern, daß man mit dem Verfahren des Kaltreckens abwechselt. Wird z. B. eine Metallstange durch ein Zieheisen gezogen, so entstehen in der Oberflächenschicht Zugspannungen, in der Kernschicht Druckspannungen. Wird dagegen die Stange kalt gewalzt, so ist das Bestreben vorhanden, an der Oberflächenschicht Druck und in den Kernschichten Zug zu erzeugen. Durch zweckmäßige Abwechslung zwischen Kaltziehen und Kaltwalzen kann man so die Spannungen etwas vermindern. Man macht hiervon praktisch weitgehenden Gebrauch, wenn auch vielleicht nicht immer mit Bewußtsein, wenn man kaltgezogene Metallstangen zum Zweck des Gerade richtens durch Schrägwalzen schiebt.

Erscheinungen beim Zugversuch, die auf Eigenspannungen zurückzuführen sind. Oft ist beobachtet worden, daß Stahl nach dem Härten eine auffällig niedrige Proportionalitätsgrenze zeigt, daß also die Abweichung von dem Gesetz der Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung bereits bei sehr niedrigen Belastungen, unter Umständen sogar von der Last 0 ab eintritt. *Bauschinger* beobachtete auch, daß Zugstäbe aus Eisen, die vorher in der Zerreißmaschine vorgestreckt (also kaltgereckt) worden waren, bei erneuter Belastung eine wesentlich niedrigere Proportionalitätsgrenze zeigten. Er konnte auch feststellen, daß die erniedrigte Proportionalitätsgrenze anstieg, wenn zwischen der

Vorreckung und der erneuten Belastung längere Zeit verstrich.

Es liegt hierin ein eigentümlicher Widerspruch zu der allgemein gemachten Erfahrung, daß durch Kaltrecken die Proportionalitätsgrenze gesteigert wird. Durch eine rechnerische Überlegung, die ich hier nicht wiederholen will, habe ich (s. Literaturverzeichnis) diesen Widerspruch aufgeklärt. Durch Zusammenwirken der in den Werkstücken vorhandenen Eigenspannungen und der durch die Belastung beim Zugversuch erzeugten Spannungen, kann *scheinbare* Senkung der Proportionalitätsgrenze zustande kommen, selbst wenn durch das Kaltrecken in allen Teilen des Werkstückes die Proportionalitätsgrenze tatsächlich erhöht worden ist.

Auf die gleiche Ursache ist es auch zurückzuführen, wenn beim voranschreitenden Kaltrecken von Metallen beobachtet wird, daß die Proportionalitätsgrenze und Streckgrenze nicht ständig weiter steigen, sondern nach Überschreiten eines Höchstwertes wieder absinken. Das Gleiche kann auch für die Härte und unter Umständen auch für die Bruchfestigkeit eintreten.

Literaturübersicht.

Für Leser, die sich über nähere Einzelheiten unterrichten wollen, sei auf folgende Quellen verwiesen:

1. *E. Heyn*, Über bleibende Spannungen in Werkstücken infolge Abkühlung. „Stahl und Eisen“ S. 1309 und 1347; 1907.
2. *E. Heyn* und *O. Bauer*, Über Spannungen in Kesselblechen. „Stahl und Eisen“ S. 760; 1911.
3. *E. Heyn* und *O. Bauer*, Über Spannungen in kaltgereckten Metallen. „Int. Z. f. Metallographie“ 1, 16; 1911.
4. *Martens-Heyn*, Handbuch der Materialienkunde II A, 1912, Absatz 301—307 und 324—338.
5. *E. Heyn*, Über Spannungen, insbesondere Reckspannungen und die dadurch bedingten Krankheitserscheinungen in Konstruktionsteilen. „Schiffbautechnische Gesellschaft“ November 1912.
6. *E. Heyn*, Einige weitere Mitteilungen über Eigenspannungen und damit zusammenhängende Fragen. „Stahl und Eisen“ Nr. 19, 20 und 21; 1917.
7. *E. Heyn*, Einige Fragen aus dem Gebiet der Metallforschung. „Metall und Erz“ 15 (N. F. 6), Heft 22 und 23; 1918.

Schlammsschichtung in Binnenseen.

Von Fr. Lenz, Plön.

Die Seenforschung betrachtet jeden Binnensee als einen Organismus, als ein Einzelwesen und die Kenntnis seiner Physiologie, seines Stoffwechsels im Besonderen als eines ihrer Hauptziele. Daß hierbei das Studium aller Lebewesen, die sich aus den dem See entnommenen Nährstoffen — direkt oder indirekt — aufbauen, erstes Erfordernis ist, versteht sich von selbst. Es handelt sich hier in erster Linie um das Plankton, das bei weitem die Hauptmasse aller Organismen eines Sees darstellt. Seine Erforschung — in qualitativer und

quantitativer Hinsicht — ist schon seit langem Gegenstand eingehender Untersuchungen und seine Zusammensetzung stellt eines der zuerst angewandten Prinzipien zur Gliederung und Einteilung von Seen dar. Zum Verständnis des Stoffwechsels eines Sees gehört aber nicht nur die Kenntnis aller seine Eigenart mitbestimmenden Organismen, sondern auch — und das versteht sich eigentlich ebenfalls von selbst — das Studium ihrer Zerfallprodukte oder kurz der Restprodukte jenes Gesamtstoffwechsels. Zwischen ihnen — so

weit sie der Untersuchung zugänglich sind, d. h. sich als *Schlammablagerungen* am Grunde des Sees darstellen — und dem Plankton müssen doch gewisse Beziehungen bestehen, die je nach der Eigenart des Sees und dem Zeitpunkt im Verlauf des Stoffwechselprozesses verschieden sind und demgemäß Schlüsse ermöglichen über das Wesen jenes komplizierten physiologischen Prozesses.

Begründung der Schlammkunde durch Naumann.

Daß man diesen Zweig der Seenkunde — die Erforschung der Schlammablagerungen — bis in die neueste Zeit etwas stark vernachlässigt hat, findet seinen hauptsächlichsten Grund in dem Fehlen geeigneter Apparate. Da es nicht nur darauf ankommt, allgemeinen Charakter und Zusammensetzung der Sedimentation zu erfahren, sondern auch Einblick in die Art ihrer Lagerung zu gewinnen, so genügt hier die sonst so bewährte Dredge nicht. Die Art und Weise ihrer Handhabung läßt eine Durchmischung des damit heraufgehobenen Schlammes unvermeidlich erscheinen und daher können wir so kein richtiges und klares Bild von den Ablagerungsverhältnissen am Seegrund gewinnen.

Es ist hauptsächlich das Verdienst des schwedischen Forschers *Einar Naumann*, nicht nur die Bedeutung der Sache selbst hervorgehoben und die Schlammkunde als Forschungsgebiet erschlossen und begründet, sondern auch die geeignetsten Apparate dafür — zum Teil in Anlehnung an die für die Tiefseeforschung bereits bekannten Methoden — konstruiert zu haben. In dem *Naumannschen Rohrlot* vor allem haben wir den Apparat, der uns instand setzt, Schlammproben unverletzt und in natürlicher Lagerung aus der Tiefe des Sees heraufzuholen. Der Apparat ist sehr einfach: er besteht aus einer 50—80 cm langen, beiderseits offenen Glasröhre von etwa 2 bis 2,5 cm Durchmesser. Eine Eisenkappe, die mit Gummidichtung dem einen Röhrenende aufsitzt, enthält ein Ventil in Form eines beweglich angebrachten runden Glasdeckelchens und den Bügel zur Befestigung des Taues. Ein Bleigewicht von etwa 2—3 kg dient zur Beschwerung der Röhre beim Einlassen in den Schlamm und ist oberhalb so angebracht, daß durch eine Durchbohrung das Tau, an dem die Röhre hängt, hindurchläuft. Dieser Apparat liefert uns Schlammdurchstiche bzw. kontinuierliche Schlammprofile. Zur Entnahme einfacher Schlammproben bei Lotungen dienen die schon länger bekannten Bleilote mit kleinem trichterförmigen *Schlammbecher*. Eine Vervollkommenung dieses Apparates zum Profilstecher erzielte *Naumann* dadurch, daß er an dem Lot 2 solcher Becher in verstellbarem Abstand befestigte. Beide Becher sowie das darüber befindliche ebenfalls verstellbare Gewicht sitzen an einer Eisenstange. Bei richtig gewähltem Abstand bringt der untere — kleinere — Becher eine Probe der untersten Ablagerungen herauf, während der obere mit Oberflächenschlamm gefüllt ist. Beide Apparate — Rohrlot und Becherlot —

geben sich ergänzend die Möglichkeit, einerseits die Schlammproben exakt von einer bestimmten Stelle zu erhalten und andererseits an ihnen festzustellen Dicke, Beschaffenheit und Zusammensetzung der Ablagerungen sowie vor allem, ob sie eine homogene Masse darstellen oder eine Folge von verschiedenen Schichten, wie wir sie aus der geologischen Erforschung der Erdrinde seit langem kennen.

Naumanns Untersuchungen ergaben in erster Linie eine Charakteristik der verschiedenen Ablagerungen je nach der Art des Sees. Er fand eine *Gliederung der Seen* nach Typen, indem er — auf der *Dy- und Gytjæeinteilung* (Torf- und Faulschlamm) *Posts* (*Naumann* 1917 a. S. 129) aufbauend — innerhalb dieser beiden genannten Hauptschlammtypen eine spezielle Charakteristik der Seen nach ihren Ablagerungen aufstellte. Die so gefundenen Seetypen setzte er in Beziehung zu den bisherigen Ergebnissen der Seenforschung, soweit sie andere Momente zur Kennzeichnung und Gliederung der Seen heranzog. Was die Art der Lagerung des Schlammes anbetrifft, so hat *Naumann* in den von ihm untersuchten Seen nur diese 3 Schichten festgestellt: Oberflächenschicht, Unterschicht und Grund. Erstere ist in Bildung begriffen, während die Unterschicht eine definitive Sedimentbildung darstellt. Eine weitere biochemische Schichtung innerhalb dieser Hauptlagen erwähnt *Naumann* nicht.

Feststellung einer Jahresschichtung im Zürichsee.

Durch die *Naumannschen* Arbeiten angeregt stellte ein Schweizer, *Fr. Nipkow*, ähnliche Untersuchungen im *Zürichsee* an („Vorl. Mitt. über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee“ — *Zeitschr. f. Hydrologie* 1920). Und hier wurde für große Seetiefen eine *Jahresschichtung* in den Schlammablagerungen festgestellt. Eine solche Schichtung ist ja theoretisch zu erwarten, wie *Wesenberg-Lund* in seiner Arbeit über „*Seegyttja, Seekalk und Bohnerz*“ (1901) ausführt. Da die Planktonuntersuchungen einen regelmäßigen Wechsel im Auftreten der verschiedenen Planktonorganismen zeigen, also eine bestimmte Reihenfolge der Maximalentwicklungen der vorherrschenden Algenarten innerhalb eines Jahres, so müßte sich das eigentlich ausprägen in einer Schichtung der Sedimente. Und so fand denn auch *Nipkow* für den Zürichsee, daß in Tiefen von über 90 m die oben schon erwähnte dunklere Oberschicht sich als eine alternierende Folge von 23 hellgrauen und schwarzen dünnen Lagen darstellt. In ihnen haben wir Halbjahresschichten zu sehen, d. h. ihre Entstehung geht auf zwei alljährlich etwa um dieselbe Zeit und in gleicher Weise ablaufende Sedimentationsvorgänge zurück. Ohne auf die *Nipkowsche* Deutung der Bildung dieser in regelmäßiger Folge angeordneten hellen und dunklen Schichten näher einzugehen, will ich nur kurz darauf hinweisen, daß der genannte Autor in den

dunklen Schichten die Zerfallprodukte einer bestimmten in Masse und vorherrschend auftretenden Winteralge vermutet, während die Kalkkristalle der helleren den Zersetzungs Vorgängen der dominierenden Frühjahrs- und Sommer-Planktonalgen entstammen. In diese jahreszeitlichen Schichten sind nun die Sedimente — durchweg als Skelettreste sich darstellend — der einzelnen Planktontypen gemäß ihrem zeitlich verschiedenen Auftreten innerhalb des Jahres verschieden eingelagert. Von besonderer Wichtigkeit sind hierbei die sog. „Algeninvasionen“, d. h. plötzliche Massentwicklungen neu — in dem betr. See — auftretender Planktonalgen. Sie lassen — soweit es sich um Kieselalgen handelt — eine deutliche Spur ihres Auftretens in Gestalt ihrer Skelette als Ablagerung in der betr. Halbjahresschicht zurück. Wenn nun durch die Planktonforschung der Zeitpunkt einer solchen ehemaligen Maximalentwicklung irgendeiner Alge in dem See bekannt ist, dann sind wir in der Lage, die durch die Sedimente der in Frage kommenden Alge charakterisierte Halbjahresschicht zeitlich genau festzulegen und so überhaupt das *Alter sämtlicher Schichten* zu bestimmen. Mit anderen Worten: wir haben hier die Geologie en miniature.

Untersuchung holsteinischer Seen.

Außer den Befunden des Schweizers ist bisher noch nirgends eine solche Jahresschichtung festgestellt. Daß die Untersuchungen der nordischen Seen nichts Derartiges ergaben, legt den Gedanken nahe, den Grund für die verschiedenen Resultate in der Verschiedenartigkeit der untersuchten Seen zu suchen. Es sei hier erinnert an *Thienemanns* Seetypen („Biologische Seetypen und die Gründung einer Hydrobiologischen Anstalt am Bodensee“ — Arch. f. Hydrobiologie XIII, 1921 Sep. 1920). Er unterscheidet in enger Anlehnung an *Naumanns* (1918) Seeneinteilung den baltischen und den subalpinen Seetypus. Beide Bezeichnungen ersetzt *Thienemann* neuerdings durch die Naumannschen Ausdrücke „eutroph“ und „oligotroph“, da es sich ja nicht um geographische Begriffe handelt. Die eine Sedimentbildung beeinflussenden unterscheidenden Charaktere beider Typen seien kurz angeführt:

Oligotroph (= subalpiner) See: arm an Pflanzennährstoffen, arm an Plankton, demgemäß planktogener Detritus schwach, keine oder minimale Fäulnisprozesse im Tiefenschlamm; Tiefe des Sees beträchtlich, nur geringe Wirkung von Wind und Strömung, Tiefenfauna fehlt in größeren Tiefen.

Eutroph (= baltischer) See: reich an Pflanzennährstoffen, reich an Plankton, große Menge von planktogenem Detritus, starke Fäulnisprozesse im Tiefenschlamm; Seetiefe gering, erhebliche Wirkung von Wind und Strömung, Tiefenfauna nahezu in allen Tiefen vorhanden. Wir sehen, die beiden Seetypen unterscheiden sich in mehreren mit der Sedimentbildung in engstem Zusammenhang stehenden Punkten.

Unsere norddeutschen Seen sind zum weitaus größten Teil typische eutrophe Seen. Es lag daher der Gedanke nahe, den *Nipkowschen* Forschungsergebnissen gleichgerichtete Untersuchungen der ostholsteinischen Seen der Umgebung von Plön gegenüberzustellen.

Im Folgenden sollen die Resultate der im Sommer 1920 — auf Anregung Prof. *Thienemanns* — von mir angestellten Schlammuntersuchungen in einer Anzahl holsteinischer Seen kurz dargelegt und erörtert werden. Die prinzipielle Bedeutung der gemachten Feststellungen für die Seetypenfrage dürfte eine Veröffentlichung jetzt schon rechtfertigen. Freilich ist die Abhandlung als vorläufige Mitteilung aufzufassen. Ein abschließendes Urteil erfordert noch ausgedehntere und längere Untersuchungen als die sich über einen Sommer erstreckenden. Zudem war die Zahl der entnommenen Schlammproben wesentlich beschränkt durch häufiges windiges oder gar stürmisches Wetter, das ein Arbeiten mit dem *Rohrlot* unmöglich machte. Überhaupt — das sei nebenbei bemerkt — ist die Technik der Handhabung dieses Apparates bei weitem nicht so einfach wie seine Konstruktion. Zunächst einmal ist er genau senkrecht herunterzulassen. Bei nicht ganz ruhigem Wetter ist daher ein Versagen nur mit einiger Schwierigkeit zu verhindern. Außerdem sind Untergrund und Beschaffenheit des Schlammes sowie die Sicherheit der Ventilvorrichtung von Einfluß darauf, ob das Rohr seinen Zweck erfüllt und Schlamm heraufbringt oder nicht. Gute Dienste zur Ergänzung des Rohrlotes bei dessen Versagen leistete das oben kurz beschriebene *Becherlot*. Als dritten mitverwendeten Apparat muß ich noch den *Ekmanschöpfer* nennen, einen von dem schwedischen Hydrobiologen *Sven Ekman* konstruierten greifbaggerähnlichen Kasten, der für quantitative Untersuchungen der Tiefenfauna gebraucht wird. Da Professor *Thienemann* ebenfalls im Sommer 1920 auf holsteinischen Seen mit dem genannten Apparat arbeitete, konnten die Ergebnisse seiner Untersuchungen, soweit erforderlich, zur Lösung der Ablagerungsprobleme mitherngezogen werden.

Die Ergebnisse in holsteinischen Seen.

Das Hauptergebnis der Schlammuntersuchungen, die sich auf 26 Stellen in insgesamt 12 Seen erstreckten, entsprach den Erwartungen: eine *Jahresschicht* im Sinne *Nipkows* wurde *nicht festgestellt*. Die Zusammensetzung der gesamten Schlammsschicht war nahezu homogen dieselbe von oben bis unten, d. h. in allen Lagen waren die Überreste derselben Planktonvertreter festzustellen. Wenn wirklich einmal in einem mikroskopischen Präparat vorwiegend die Skelette bestimmter Kieselalgen, in einem anderen aber mehr Crustaceenreste gefunden wurden, so ging das nicht auf Gesetzmäßigkeit sondern auf Zufall zurück. Der Befund war nicht in allen Seen derselbe. Es lassen sich 2 *Hauptgruppen* von

Schlammproben unterscheiden: die eine zeigt — schon äußerlich sichtbar — eine einfache Schichtung, bestehend in einer oberen dunklen und — meist allmählich übergehend — einer unteren hellen (gelblichen) Partie. Die Vermutung, daß wir hier die Naumannsche in Bildung begriffene Oberschicht und die definitive, ausgefaltete Unterschicht vor uns haben, bestätigt die mikroskopische Untersuchung. Die schwärzliche Oberschicht enthält noch viele unzerfallene organische Teilchen, während die helle Unterschicht fast ausschließlich aus Skeletteilen besteht. Im übrigen ist — wie schon betont — die Zusammensetzung beider Schichten dieselbe; es besteht zwischen ihnen nur sozusagen ein gradueller Unterschied, eine Verschiedenheit im Gehalt an zerfallfähigen organischen Stoffen. Die meisten dieser Schlammproben enthalten überdies noch eine ganz dünne rezente oberste Schicht, die schon durch ihre grünliche Färbung ihre Zusammensetzung aus den eben erst zu Boden gesunkenen abgestorbenen Planktonorganismen erkennen läßt. Die vorstehend charakterisierten Schlammproben wurden — mit 3 Ausnahmen — als Schlammdurchstiche oder Schlammprofile von 3–30 cm Länge mit dem Rohrlot erlangt. In 3 Fällen versagte — aus hier nicht näher zu behandelnden Gründen — die Röhre und die vorgenannten Feststellungen mußten mit dem Becherlot gemacht werden.

Die zweite Gruppe von Schlammproben läßt die beschriebene einfache Schichtung vermissen; hier fehlt gewissermaßen die durch beendeten — bzw. weiter fortgeschrittenen — Oxydationsprozeß aus-

gezeichneten Unterschicht. Ein einheitliches Bild zeigt diese Gruppe indessen nicht; die in ihr zusammengefaßten Schlammproben stellen sich schon äußerlich als zweierlei verschiedene Ergebnisse dar: in 2 Seen als kurzer Schlammpfropf in der Naumannröhre, in den übrigen 4 Seen als dünnflüssiger, stark faulender Schlamm, der eine sehr tiefe Schicht auf dem Seegrund bildet, wegen seiner Beschaffenheit nicht in der Röhre haften bleibt und deshalb mit dem Becherlot heraufgeholt werden muß.

Das Aussehen des Schlammes ist hier auch noch verschieden je nach der Art des Sees. Hierauf soll aber nicht näher eingegangen werden, da die sich daraus stellenden Fragen noch nicht spruchreif sind.

Im Folgenden sind alle Schlammprobenentnahmen vom Sommer 1920 tabellarisch zusammengestellt. Es sind nur die Hauptmomente angegeben: See und Untersuchungsstelle — nach der Tiefe —, angeordnet nach der Zugehörigkeit des Ergebnisses zu einer der vorgenannten Hauptgruppen. Die Länge des erhaltenen Schlammpfropfes in der Naumannröhre ist jeweils in Zentimetern dahinter angegeben. (Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen den unteren aus der Röhre ausgelaufenen Teil des Pfropfes.) Wo die Längenangabe fehlt, war demgemäß kein Schlammpfropf erhalten und die Probeentnahme ist mit Becherlot erfolgt. Ein + hinter der Untersuchungsstelle bezeichnet die mit dem Ekmanschöpfer gemachte Feststellung des Fehlens der Tiefenfauna an der betr. Stelle.

Tabelle der Schlammprobenentnahmen.

Obere dunkle Faulschlammschicht und untere helle ausgefaltete Schicht vorhanden			Keine Ober- und Unterschicht festgestellt		
See bzw. Seebecken	Tiefe der Unter- suchungs- stelle in m	Länge des Schlamm- pfropfes in cm	See bzw. Seebecken	Tiefe der Unter- suchungs- stelle in m	Länge des Schlamm- pfropfes in cm
Großer Plöner See: Plöner Becken ..	30	3	Eutiner See	13	4
" " " " " ..	30	16	Ukalsee	8	2
" " " " " ..	37	8 [+ 9]	"	12	2
" " " " " ..	40 +	9 [+ 27]	"	16	2
" " " Bosautief	45 +	15	Höftsee	15	—
" " " " " ..	50 +	11	Großer Madebrökensee	10	—
" " " " " ..	52 +	11	Edebergsee	10	—
" " " Ascheberger Teil	22	5	Kleiner Ukalsee	15 +	—
Kellersee	24	6			
Schöhsee	20	10			
"	30	10 [+ 10]			
Behler See	20	8			
" "	30	9			
" "	36	7			
Eutiner See: Eutiner Bucht	5	6			
Vierersee	10	—			
" "	15	—			
Trammer See	25	—			

Erörterung der Ergebnisse.

Das *Hauptproblem*, das die Gesamtergebnisse aufwerfen, ist die Frage nach dem *Grund* für das *Fehlen* der *Jahresschichtung* im Gegensatz zu den Nipkowschen Feststellungen im Zürichsee. Die wahrscheinliche Lösung des Problems wurde oben schon angedeutet: sie liegt im Charakter des eutrophen (baltischen) Sees im Gegensatz zum oligotrophen (subalpinen) See begründet. Wir haben es hier mit relativ flachen Seen zu tun — die tiefste Untersuchungsstelle lag bei 52 m —; Nipkow dagegen fand die Jahresschichtung der Sedimente erst in einer Tiefe von 90 m ab. In geringeren Tiefen verhindert nach seiner — mit *Wesenberg-Lunds* Ansicht übereinstimmenden — Annahme die Tiefenfauna das Zustandekommen einer Schichtung. In unseren norddeutschen (eutrophen) Seen findet sich fast überall in der Tiefe die Profundalfauna, die bekanntlich in diesen Seen aus Tieren besteht, die sich mit einem Minimum von Sauerstoff begnügen. Zwar herrscht in der Tiefe dieser nährstoffreichen Seen mit großer Planktonproduktion ein erheblicher Fäulnisprozeß; aber demgegenüber steht eine den Sauerstoffschwund des Sommers im Herbst wieder ausgleichende Durchlüftung und Durchmischung der Wassermengen durch Konvektions- und Stauströmungen. Und gerade die letzteren, die in dieser Weise beim tiefen subalpinen See unmöglich sind, wirken zweifellos auch direkt mechanisch in störender — d. h. schichtungsverhindernder — Weise auf die Sedimentbildung ein; daß sie den Grund des Sees erreichen, beweisen die — lt. Tagebuch Prof. *Thienemanns* — verschiedentlich in Planktonfängen des Herbstes gefundenen Beggiatoaflocken. Eine andere Erklärung für das Vorkommen von losgerissenen Flocken dieses den Faulschlamm deckenartig überwuchernden Tiefenpilzes im Plankton ist kaum zu finden. Zu dieser mechanischen Wirkung der Strömung kommt dann — und sie mag wohl die Hauptrolle spielen — die Tätigkeit der Bodenfauna, die sich — nicht wie im Zürichsee nur über die geringen Tiefen — hier fast über die gesamte Seetiefe erstreckt. Der sich ablagernde Faulschlamm wird von den Tieren — Insektenlarven und Würmern — nicht nur durchwühlt und durchhackt, sondern auch — auf dem Wege durch den Verdauungstraktus — in koprogene Produkte umgewandelt. Die Wirkung dieser Tätigkeit in ihrer Gesamtheit ist durchaus verständlich, wenn wir uns vor Augen halten, welche Unmengen von Tieren nahezu jeden Fleck der Seetiefe — wenigstens in diesen Seen — bewohnen. Ich verweise hier auf die Untersuchungen *Sven Ekmans*, *Thienemanns* und *Alms*. Die schon oben erwähnten Untersuchungen *Thienemanns* mit dem Ekmanschöpfer ergaben allerdings eine — in die Tabelle mitaufgenommene — Tatsache, die zunächst eine Schwierigkeit darstellen könnte für unsere Annahme von der schichtungszerstörenden Wirkung der Tiefenfauna: der Faulschlamm der

tiefsten Löcher in unseren größten Seen enthält anscheinend keine Fauna! Es ist denkbar, daß gerade in diesen tiefen Löchern der durch starke Fäulnis bewirkte Sauerstoffschwund ein derartiger ist, daß die Tiere das Minimum, das sie brauchen — wenigstens zu gewissen Zeiten — nicht mehr finden und daher diese Stellen nicht besiedeln können.

Warum nun finden wir auch da keine Jahresschichtung, wo die Fauna fehlt? Es ist der Fäulnisprozeß selbst, der dieselbe mechanische Wirkung des Zerstörens der Schichtung ausübt wie sonst Strömung und Fauna. Die im Rohrlot an solchen Stellen entnommenen Proben lieferten den Beweis: schon wenige Minuten, nachdem sie aus der Tiefe heraufgeholt waren, wurde in ihnen eine sehr starke Bildung von Gasblasen sichtbar. Der mit dem Ekmanschöpfer heraufgeholtte Schlamm war oft geradezu überzogen mit einem leichten durch die Fäulnisgase hervorgerufenen Schaum. Ein derartiges Aufsteigen von Gasblasen in der Faulschlammsschicht der Tiefe muß jede beginnende Schichtung schon im Keime zerstören. Die *Strömungen* des Wassers, die *Fauna* und die *Fäulnis* sind also — kurz zusammenfassend ausgedrückt — die *Ursachen* für das *Fehlen* der *Jahresschichtung*.

Im Einzelnen betrachtet ergeben unsere Untersuchungsergebnisse noch mehrere *Teilprobleme*. Wie erklärt sich zunächst die einfache Schichtung, die für die Schlammproben der ersten Gruppe unserer Tabelle erwähnt wurde? In der Charakteristik der beiden Schichten als Fäulschlammsschicht und ausgefäulte Schicht ist die Erklärung eigentlich schon einbegriffen. Es ist klar, daß die unzersetzlichen Bestandteile (Kalk- und Kieselskelette) der Organismen eines solchen planktonreichen Sees eine große Masse ausmachen und schließlich eine meßbare ausgefäulte — d. h. durch Fäulnis von den organischen Teilen befreite — Unterschicht darzustellen vermögen. Die neueren noch nicht ausgefäulten Sedimente lagern sich dauernd darüber und bilden die Faulschlammsschicht, die in einem dauernden Oxydationsprozesse begriffen ist und innerhalb, deren auch die Tiefenfauna lebt. An ihrer unteren Grenze vermindert sich diese Schicht dauernd zugunsten der oxydierten Unterschicht, während sie oben ständig Zuwachs erfährt durch die Massen der abgestorbenen und zu Boden sinkenden Organismen. (Das ist nichts anderes als die erste Phase des in allen Seen unabwendbar fortschreitenden Verlandungsprozesses.)

Die in der Gruppe 1 der Tabelle zusammengefaßten Schlammproben stammen sämtlich aus ganz normalen typischen großen und offenen baltischen Seen im Sinne *Thienemanns*. Anders die Gruppe 2! Die in ihr enthaltenen Proben repräsentieren — innerhalb des gemeinsamen Charakteristikums des Fehlens jeder Schichtung — zweierlei Typen: einerseits konsistenterer

Schlamm von geringerer Masse und andererseits dünnflüssiger Schlamm in außerordentlicher Menge. Damit ist schon eine Problemstellung gegeben. Noch komplizierter aber werden die hierbei zu behandelnden Fragen dadurch, daß die Schlammproben der Gruppe 2 aus verschiedenartigen, nicht unter einem oder auch zwei Typen zusammenzubringenden Seen stammen. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, will ich nur kurz erwähnen, daß der eine der in Frage kommenden Seen ein größerer flacher, zweifellos in weit vorgeschrittenem Verlandungsstadium (Cyanophyceenstadium *Wesenberg-Lunds*) befindlicher ist, während die übrigen klein und geschlossen sind und im Verhältnis zu ihrer Bodenfläche eine enorme Organismenproduktion und demgemäß

gleich große Fäulnis aufweisen. Einer von ihnen zeigt deutliche Annäherung — in gewisser Hinsicht wenigstens — an die Humusgewässer *Naumanns*. Kurz: die Problemstellung für unsere Gruppe 2 ist eine sehr komplizierte und zur Lösung der hierbei sich aufrrollenden Fragen sind noch eingehende Untersuchungen erforderlich. Die Erörterung der bisherigen Ergebnisse der Schlammmuntersuchungen in holsteinischen Seen muß also bzgl. verschiedener Einzelprobleme mit einem Fragezeichen schließen. Mögen die weiteren Untersuchungen die Klärung bringen und so dazu beitragen, daß die so wichtige Seetypenlehre weiter ausgebaut werden kann und die Stoffwechselprozesse in unseren Binnenseen immer klarer erkannt werden.

Das Molargewicht und seine Rolle in der Methodik der chemischen Forschung.

Von Otto Liesche, Berlin-Dahlem.

Die in erster Linie von *E. Beckmann* ausgearbeiteten Methoden und ständig verbesserten Apparate zur Molargewichtsbestimmung in gefrierenden und siedenden Lösungen gehören heute zum unentbehrlichen Rüstzeug der chemischen Forschung, besonders auf dem Gebiete der organischen Chemie.

Trotzdem wird die Frage, die durch eine Molargewichtsbestimmung beantwortet werden soll, oft zu eng aufgefaßt, indem die Molargewichtsbestimmung nur zur letzten Bestätigung einer schon fertigen Annahme über Zusammensetzung, Konstitution und Molargewicht der untersuchten Verbindung dient.

Der Begriff des Molargewichtes bildet die logische Brücke zwischen Physik und Chemie. Er beherrscht die beide verbindende „physikalische Chemie“. *W. Nernst* hat dies dadurch zum deutlichen Ausdruck gebracht, daß er dem Titel seines klassischen Lehrbuches „Theoretische Chemie“ den Zusatz gab: „vom Standpunkte der Avogadro-Regel und der Thermodynamik“. Die Avogadro-Regel enthält die grundlegende Definition für das Molargewicht, und dieses bezieht sich auf solche Gewichtsmengen verschiedener Stoffe, die in ihrem thermodynamischen Verhalten miteinander vergleichbar sind, indem sie bei gleicher Temperatur und gleichem Volumen in dem gleichen Medium gewisse physikalische Wirkungen gleicher Größe aufweisen, die im Idealfalle proportional der Konzentration bleiben.

Diese Wirkungen sind vornehmlich der äußere Druck im Gaszustand und der osmotische Druck im Zustand verdünnter Lösungen. Dem letzteren wiederum proportional sind unter gleichen Bedingungen die Dampfspannungserniedrigung, die Gefrierpunktserniedrigung und die Siedepunkterhöhung des Lösungsmittels.

Wirkungen der genannten Art, in der sich die Verschiedenartigkeit der chemischen Stoffe nur in

der verschiedenen Massenkonzentration äußert, die zur Erzielung gleicher Wirkung notwendig ist, hat *W. Ostwald* „kolligative Eigenschaften“ genannt. Die volle Bedeutung dieser Bezeichnung wird erst am Schluß der Betrachtung klar hervortreten.

Wenn wir das Maß einer kolligativen Eigenschaft mit c , die Massenkonzentration des untersuchten Stoffes, d. h. sein Gewicht in der Volumeneinheit mit v bezeichnen, so gewinnen wir für das Molargewicht M die allgemeine Gleichung:

$$M = K \frac{c}{v}, \quad (1)$$

worin K eine von der Natur des untersuchten Stoffes unabhängige Konstante, die sog. „Molargewichtskonstante“ ist.

Die Avogadro-Regel kann als einfachster Sonderfall aufgefaßt werden. Sie bezieht sich auf den Gaszustand, wobei der leere Raum an Stelle eines Lösungsmittels tritt und der Gasdruck p als kolligative Eigenschaft zur Wirkung kommt. Demgemäß kann die Avogadro-Regel geschrieben werden:

$$M = K \frac{c}{p}, \quad (2)$$

worin $K = RT$, d. h. gleich der in thermodynamischen Gleichungen immer wiederkehrenden Arbeitsgröße ist, die bei der absoluten Temperatur $T = (273 + t)^\circ \text{C}$. dazu gehört, um den für die molare Menge oder 1 Mol eines Stoffes notwendigen Raum entgegen dem äußeren Druck p zu schaffen. Die sog. „Gaskonstante“ R hat bei Bezug auf Gramm, Kubikzentimeter und Millimeter Quecksilberdruck als gebräuchlichste praktische Maßeinheiten den Wert 62 372.

Gl. (2) gilt auch für gelöste Stoffe, wobei der gleiche Wert der Konstanten $K = RT$, unabhängig vom Lösungsmittel, die Arbeit gegen den osmotischen Druck p als kolligative Eigenschaft darstellt.

Bei Benutzung anderer kolligativer Eigenschaften, wie Dampfdruckerniedrigung, Gefrierpunktserniedrigung, Siedepunktserhöhung des Lösungsmittels, treten für die Molargewichtskonstante K andere Werte ein, die jedoch auf die Form $f(RT)$ gebracht werden können, worin f ein für das betreffende Lösungsmittel bei der Untersuchungstemperatur spezifischer Faktor ist.

Die allgemeinen Gesetze (1) bzw. (2) sind als ideale Grenzfälle erkannt worden. In Wirklichkeit bleibt das Verhältnis c/e nicht konstant, sondern pflegt bei den für Molargewichtsbestimmungen üblichen geringen Konzentrationen mit steigender Konzentration zuzunehmen, was eine gleichzeitige Zunahme des errechneten Molargewichtes M bedingt.

Dieser Abweichung gegenüber läßt sich meist mit Erfolg der Standpunkt behaupten, daß man die strenge Gültigkeit der Grenzgesetze für den Konzentrationsbereich der Untersuchung postuliert und sie als Definitionsgleichungen für das wirkliche Molargewicht benutzt. Ein anomal groß gefundenes Molargewicht wird dann durch Polymerisation einfacher Moleküle, ein anomal kleines Molargewicht durch Dissoziation der vorausgesetzten Molekülarart gedeutet.

Eine solche Deutung führt zur Berechnung des Grades, bis zu welchem eine Polymerisation bzw. Dissoziation stattgefunden hat. Nehmen wir hier nur die Dissoziation in zwei gleiche Einzelmoleküle als Beispiel, und bezeichnen wir gegenüber dem normalen Molargewicht M der nicht-dissoziierten Substanz das anomal klein gefundene Molargewicht mit M' , so ist der Dissoziationsgrad:

$$\delta = \frac{M - M'}{M'} \quad (3)$$

Die Berechtigung dieser Deutung läßt sich an der Geltung des Massenwirkungsgesetzes dar- tun, das zur Formulierung einer Gleichgewichtskonstante, in diesem Falle der Dissoziationskonstante C , führt:

$$C = \frac{4\delta^2}{v(1-\delta)} = \frac{4g(M-M')^2}{MM'(2M'-M)} \quad (4)$$

wobei v das Volumen (in Litern) ist, welches 1 Mol der als nicht dissoziiert angenommenen Substanz enthält, während g das in 1 Liter befindliche Substanzgewicht ist.

Bei genügend langsamem Verlauf einer vollständigen Dissoziation, bei der δ schließlich gleich 1 wird, C also den Wert „Unendlich“ hat, läßt sich die Änderung des Molargewichtes M' zeitlich verfolgen und durch Berechnung eines Geschwindigkeitskoeffizienten k die Reaktionsordnung bestätigen. Für die monomolekulare Reaktion $A = 2B$ ist z. B.:

$$k = -\frac{1}{\tau} \ln(1-\delta) = +\frac{1}{\tau} \ln\left(\frac{M'}{2M'-M}\right) \quad (5)$$

worin τ die seit Beginn der Reaktion verflossene Zeit in Minuten, \ln das Zeichen des natürlichen Logarithmus ist.

Die linke Gl (5) regelt bekanntlich auch das zeitliche Abklingen der Radioaktivität sowie die zeitliche Abnahme jeder Größe, bei welcher die Abnahme in der Zeiteinheit ihrem jeweiligen Wert proportional bleibt. Das ist aber nur der Fall, wenn die Fähigkeit der Abnahme ganz in der Qualität der Größe selbst liegt, oder wenn alle Faktoren, die etwa von außen mitwirken, quantitativ konstant bleiben. Deshalb folgen multimolekulare Reaktionen, bei denen mehrere abnehmende, qualitativ gleiche oder verschiedene Größen aufeinander wirken, anderen, besonderen Gesetzen.

Alle Gesetze des chemischen Gleichgewichtes und der Reaktionsgeschwindigkeit ergeben sich als Deduktionen aus dem Massenwirkungsgesetz.

Ein wichtiger Sonderfall monomolekularer Reaktionen ist die elektrolytische Dissoziation gelöster Stoffe. Das einfachste Beispiel hierfür ist der Zerfall binärer Elektrolyte in 1 Anion und 1 Kation: $(AK) = A' + K'$. Dann gilt für den Grad der elektrolytischen Dissoziation ebenfalls Gl. (3) und für das Dissoziationsgleichgewicht Gl. (4) mit dem einzigen Unterschied, daß bei gleicher Bedeutung der Konstanten C der Faktor 4 in Fortfall kommt, also:

$$C = \frac{\delta^2}{v(1-\delta)} = \frac{g(M-M')^2}{MM'(2M'-M)} \quad (6)$$

Andererseits gibt sich die Dissoziation der Elektrolyte in der elektrischen Leitfähigkeit wäßriger Lösungen kund; die Theorie führt zu der Forderung, daß der Dissoziationsgrad

$$\delta = \frac{\mu_v}{\mu_\infty} \quad (7)$$

ist, wenn μ_v die molare Leitfähigkeit bei einer bestimmten Verdünnung von v Litern, μ_∞ den Grenzwert der molaren Leitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung bedeuten und beide auf 1 Mol nicht dissoziierte Substanz bezogen werden.

Aus Gl. (7) folgt für die molaren Leitfähigkeiten μ_1 und μ_2 bei zwei endlichen Verdünnungen und für die zugehörigen Dissoziationsgrade δ_1 und δ_2 :

$$\delta : \delta_2 = \mu_1 : \mu_2 \quad (8)$$

eine Gleichung, an der leicht experimentell geprüft werden kann, ob eine durch Molargewichtsbestimmung festgestellte Dissoziation auf einem Ionenzerfall beruht.

Die Kombination von (6) und (7) liefert für die Gleichgewichtskonstante C den Ausdruck:

$$C = \frac{\mu_v^2}{v\mu_\infty(\mu_\infty - \mu_v)} \quad (9)$$

der unter dem Namen des „Ostwaldschen Verdünnungsgesetzes“ bekannt ist, allerdings nur für schwache Elektrolyte, daher vornehmlich für organische Säuren, strenge Gültigkeit bewahrt.

Historisch hat für die Aufklärung dieser Zusammenhänge zunächst der „de Vriessche isotomische Koeffizient“, dann der diesem proportionale „van't Hoffsche Faktor“ eine wichtige Rolle gespielt. Die Bedeutung des letzteren geht ohne

weiteres aus der mathematischen Formulierung hervor:

$$i = \frac{M}{M'} = 1 + \delta = \frac{\mu_{\infty} + \mu_v}{\mu_{\infty}} \dots (10)$$

Die experimentelle Bestätigung von Gl. (10) durch Arrhenius führte den Sieg der Ionentheorie herbei.

Eine weitere Beziehung zwischen Molargewicht und Leitfähigkeit bietet die „Ostwaldsche Valenzregel“. Durch Titration einer mehrbasischen Säure sei ihr Äquivalentgewicht S festgestellt und das neutrale Natriumsalz habe bei den Verdünnungen des Äquivalentes auf 32 und 1024 Liter die äquivalenten Leitfähigkeiten λ_{32} und λ_{1024} ergeben, so gilt für die zunächst unbekannte Wertigkeit (Basizität) s der Säure ange-nähert:

$$s = \frac{\lambda_{1024} - \lambda_{32}}{11} \dots (11)$$

wenn λ auf reziproke Ohm bezogen wird, woraus für die undissoziierte Säure das Molargewicht

$$M = s S \dots (12)$$

folgt.

Was hier für die Dissoziation in großen Zügen erläutert wurde, gilt im Prinzip für alle homogenen Reaktionen, bei denen eine Änderung der Molzahl eintritt: sie lassen sich durch die Methoden der Molargewichtsbestimmung verfolgen und dadurch auf die Geltung des Massenwirkungsgesetzes prüfen. Gemäß der Definition der Massenwirkung darf man befriedigende Resultate aber nur dann erwarten, wenn man die Konzentration auf das Volumen bezieht.

Zum Studium heterogener Gleichgewichte eines Stoffes zwischen zwei Phasen können gleichfalls Molargewichtsbestimmungen herangezogen werden. Formulierungen, die Gleichung (4) entsprechen, führen dann zur Feststellung nicht nur der Gleichgewichte innerhalb beider Phasen, sondern auch zur Ermittlung von Teilungskoeffizienten, Absorptionskonstanten und Adsorptionskonstanten.

Die hier angedeuteten Gesetze des Gleichgewichtes und der Reaktionsgeschwindigkeit gelten für konstante Temperatur; sie heißen deshalb „Isothermen“. Die Änderung der Gleichgewichtsisothermen mit der Temperatur bei konstantem Volumen wird durch die „Isochoren“ geregelt. Letztere geben Aufschluß über die Wärmetönung q der Reaktion und lauten in ihrer allgemeinen von van't Hoff herrührenden Form:

$$\frac{d \ln K}{dT} = - \frac{q}{RT^2} \dots (13)$$

wobei $R = 1,987$ cal zu ersetzen ist.

Um die Integration der Differentialgleichung (13) und die experimentelle Verifizierung über größere Temperaturbereiche hinweg haben sich besonders F. Haber und W. Nernst mit Erfolg bemüht, wobei der erstere zur Erkennung der Bedingungen der Ammoniaksynthese, der letztere zur Durchführung seines Wärmetheorems

gelangte. Tatsächlich handelt es sich — neben den entsprechenden kalorischen Bestimmungen — bei Reaktionen mit Änderung der Molzahl auch hier um Molargewichtsbestimmungen — namentlich an gasförmigen Systemen.

Von den Idealgesetzen, die uns zum Ausgangspunkt dienten, machen sich, namentlich bei stärkerer Konzentration, Abweichungen auch in dem entgegengesetzten Sinne geltend, daß das Verhältnis c/v mit wachsender Konzentration abnimmt und somit eine Abnahme des errechneten Molargewichtes bedingt.

In diesem Falle führt das Festhalten an den Grenzesetzen zu keiner vernünftigen Deutung der Anomalien, und es muß nach dem Vorgange von van der Waals eine Korrektur angebracht werden. Oft genügt es, für die Konzentration c statt des Verhältnisses g/v das Verhältnis $g/(v-b)$ einzusetzen, um eine Anomalie besagter Natur zum Verschwinden zu bringen. Das Korrektionsglied b steht mit dem Eigenvolumen der Moleküle des gasförmigen oder gelösten Stoffes sowie des Lösungsmittels in Beziehung, welches den freien Spielraum der Moleküle im Sinne der kinetischen Theorie verringert. Für die Praxis wird b am besten empirisch ausgewertet.

Im Vorstehenden hat sich das Molargewicht als ein rein physikalischer bzw. thermodynamischer Begriff gezeigt. Bei seiner Betrachtung standen gerade die Anomalien und ihre Deutung als Polymerisations- und Dissoziationsvorgänge oder allgemeiner als chemische Reaktionen in Übereinstimmung mit dem Massenwirkungsgesetz im Vordergrund des Interesses.

Für die Chemie der Einzelstoffe kommt dagegen die Feststellung eines bestimmten, als normal zu betrachtenden Molargewichtes hauptsächlich in Frage. Zu einem solchen gelangt man auch im Falle der besprochenen, von der Konzentration abhängigen Anomalien, wenn man sich praktisch dem idealen Grenzfall, d. h. sehr großer Verdünnung, nähert, oder wenn man aus einer Serie abweichender Werte auf unendliche Verdünnung extrapoliert, was am besten graphisch geschieht. Die so ermittelten Grenzwerte sind bei entsprechend richtiger Wahl der Molargewichtskonstanten auch unabhängig davon, ob die Konzentration auf das Volumen der Lösung, das Gewicht der Lösung oder noch einfacher, und deshalb üblich, auf das Gewicht des Lösungsmittels bezogen wird.

Die Bedeutung des Molargewichtes für die Stoffchemie liegt darin, daß das physikalisch ermittelte Molargewicht erfahrungsgemäß als Summe der analytisch feststellbaren Teile (Elemente oder Elementgruppen), im besonderen als Atomgewichtssumme einer Verbindung dargestellt werden kann.

Die auf Grund der chemischen Analyse durch den logischen Prozeß einer isolierenden Abstraktion gewonnenen rein chemischen Begriffe des Atomgewichtes, Verbindungsgewichtes, Äquiva-

lentgewichtes, Radikalgewichtes ordnen sich dem physikalischen Begriff des Molargewichtes unter.

Diese chemischen analytischen Begriffe führen aber durch rückwärtige Synthese nicht notwendigerweise zu dem Atomkomplex, der als Molekül eine physikalische bzw. thermodynamische Selbständigkeit besitzt, also nicht unbedingt zum Molargewicht, sondern nur zu einem Minimum, von dem das Molargewicht ein ganzes Vielfaches sein kann.

Jede einzelne quantitative chemische Feststellung an einem chemisch reinen Stoff liefert ein solches Minimum des Molargewichtes, wofür der Name „Minimalgewicht“ vorgeschlagen werden möge.

Der Bestandteil *B* (Element oder Radikal) sei in einer Verbindung zu *x* % bestimmt, wobei *B* gleichzeitig das Verbindungsgewicht (Atomgewicht, Radikalgewicht) des Bestandteiles bedeute, so ist ein Minimalgewicht der Verbindung:

$$\text{Min.} = \frac{100 B}{x} \dots \dots \dots (14)$$

Bei einer beliebigen quantitativ verlaufenden Reaktion sei für 1 Gramm einer Verbindung ein verschwindender oder auftretender Reaktionsteilnehmer mit dem Reaktionsäquivalent *R* zu *y* Gramm festgestellt, so ist ein Minimalgewicht der Verbindung:

$$\text{Min.} = \frac{R}{y} \dots \dots \dots (15)$$

Der Bestandteil *B* oder der Reaktionsteilnehmer *R* möge durch eine in bezug auf sein Reaktionsäquivalent normale Titrierflüssigkeit bestimmt sein, von der auf 1 Gramm der untersuchten Substanz *v* ccm verbraucht wurden. Dann ist ein Minimalgewicht der Substanz:

$$\text{Min.} = \frac{1000}{v} \dots \dots \dots (16)$$

Der Bestandteil *B* oder der Reaktionsteilnehmer *R* möge als Gas gemessen werden und betrage pro 1 Gramm der untersuchten Substanz *v* ccm (reduziert auf 0° und 760 mm), so ist ein Minimalgewicht der Substanz:

$$\text{Min.} = \frac{22412}{zv} \dots \dots \dots (17)$$

wobei *z* entweder 1 oder ein Atomindex in der Molekularformel des betreffenden Gases ist, z. B. 2 für N₂. Die Zahl 22 412 ist das Volumen (in ccm) eines Moles des Gases unter den Normalbedingungen.

Die letzte Entscheidung darüber, welches ganzzahlige Vielfache *n* eines so erhaltenen Minimalgewichtes das Molargewicht darstellt, kann nur eine der physikalischen Methoden der Molargewichtsbestimmung bieten. Die Zahl *n*,

$$n = \frac{\text{Molargewicht}}{\text{Minimalgewicht}} \dots \dots \dots (18)$$

gibt gleichzeitig an, wie oft der analytisch ermittelte Bestandteil (Atom, Radikal, Säurewasserstoff u. dgl.) im Molekül enthalten ist.

Das hier kurz angedeutete Verfahren, die

Hervorhebung von Minimalgewichten und die unmittelbare Verknüpfung der analytischen Einzelbefunde mit dem Molargewicht dürfte vor allem neu isolierten, in ihrer Zusammensetzung und Konstitution noch unbekannten Stoffen des Pflanzen- und Tierreiches gegenüber am Platze sein. Es ermöglicht eine schrittweise, methodische Aufklärung, vermeidet allzu vage Hilfhypothesen in Form von ganz unsicheren chemischen Formeln, erspart somit Umwege des Rechnens und Denkens, die ihrerseits sogar Umwege der experimentellen Arbeit selbst bedingen können.

Erst durch die Überordnung des physikalischen Begriffes Molargewicht über die chemischen Begriffe Atomgewicht, Verbindungsgewicht, Äquivalentgewicht, Radikalgewicht, d. h. durch Überordnung der kolligativen Eigenschaften über das quantitativ-analytische Verhalten eines chemischen Stoffes wird der erkenntnistheoretisch befriedigende Abschluß der chemischen Synthese erreicht.

Wilhelm Wundt hat dieses logische Verfahren der wissenschaftlichen Methodik „Kolligation“ genannt und versteht darunter die Umkehrung der isolierenden Abstraktion, nämlich eine verbindende Begriffsbestimmung (Determination).

Einer solchen Kolligation, der Vereinigung des spezifisch chemischen Standpunktes mit dem physikalischen, verdankt die Chemie ihren systematischen, widerspruchsslosen Ausbau, besonders die endgültige Entscheidung über die Atomgewichte und Wertigkeiten vieler Elemente. Der schon 1811 von *Avogadro* im Gegensatz zum Atom konzipierte Begriff „Molekül“ hat erst im Laufe der Jahrzehnte volles Verständnis und Anerkennung gefunden. Denn nur allmählich sah man den wahren Wert der vielfach ausgeführten Dampfdichtebestimmungen als Molargewichtsbestimmungen ein. Vorher lief man immer Gefahr, und beging tatsächlich häufig den Fehler, das Atomgewicht mit dem Äquivalentgewicht zu verwechseln oder ein falsches Multiplum des Äquivalentgewichtes als Atomgewicht einzusetzen. Daß das Beryllium das Atomgewicht 9,1 und nicht 13,65 hat, daß es zweiwertig und nicht dreiwertig ist, wurde erst 1880 auf Grund einer Molargewichtsbestimmung des Berylliumchlorides im Gaszustande bei 1000° C entschieden und bald darauf durch Untersuchung von Lösungen bestätigt. Dem gefundenen Wert 80,02 ordnet sich nur die Formel BeCl₂ unter.

In neuester Zeit stehen wiederum Valenzfragen im Vordergrund des Interesses. Auch die letzte Entscheidung über den dreiwertigen Kohlenstoff der Gombergschen und Schlenkschen Triarylmethyle sowie der Metallketylen, über den zweiwertigen Stickstoff der Wielandschen Hydrazinderivate, über Oxoniumverbindungen mit vierwertigem Sauerstoff, wie die Willstätterschen Anthocyane, oder über die komplexe tetravalente Bindung des Magnesiums im Chlorophyll liegt in der physikalischen Bestätigung des Molar-

gewichtet in Lösungen. Im Gaszustand gilt das Gleiche für die Stockschen flüchtigen Bor- und Siliciumverbindungen, z. B. für den Borwasserstoff B_2H_6 .

Den bei biochemischen Prozessen gesuchten Zwischenstufen dürfte oft Valenzlockerung und folglich Dissoziation oder Betätigung von Nebenvalenzen, also Komplexbildung und Assoziation zugrunde liegen. Wenn auch solche Zwischenstufen oft sehr unbeständig und nicht isolierbar sein mögen, so geben doch gerade die Methoden der Molargewichtsbestimmung die Mittel an die Hand, nicht nur fertige Produkte zu untersuchen, sondern auch ihren Lösungszustand festzustellen,

sowie ihre Reaktionen in homogener Lösung, ja selbst ihr heterogenes Gleichgewicht zwischen zwei Phasen zu verfolgen.

Das sich gewaltig anhäufende Material der Stoffchemie bietet zahlreiche Möglichkeiten, um durch Molargewichtsbestimmungen wichtige Aufschlüsse, sowohl nach der chemischen, als auch nach der physikalischen Seite hin zu erlangen. Die klassischen Theorien und Methoden der physikalischen Chemie stellen auch für moderne Probleme eine äußerst wertvolle Fundgrube dar, die heute nicht überall in dem Maße und in der Weise ausgenutzt wird, wie es zum Vorteil der Forschung geschehen könnte.

Gärung und Synthese.

Von Carl Neuberg, Berlin-Dahlem.

Man verbindet im allgemeinen mit dem Begriff *Gärung* die Vorstellung, daß es sich hierbei um eines der wichtigen und geläufigen *Hilfsmittel* handelt, *durch das die Organismen große Moleküle zerlegen*. Das gilt sowohl in bezug auf die Gärung im engeren Sinne, die sich an den Kohlenhydraten abspielt, als betreffs der Umsetzungen von stickstoffhaltigen Materialien sowie hinsichtlich der Fäulniserscheinungen, die mit der Gärung verwandt und zum Teil identisch sind. Gärung erscheint als ein Werkzeug des Abbaus. Trotzdem sind mit diesen Molekülverkleinerungen *synthetische Vorgänge*, also aufbauende Reaktionen, auf das engste verknüpft. Dies offenbart sich zunächst in dem Umstande, daß die tätigen Organismen aus den Bruchstücken des durch Gärung gespaltenen Materials neue Leibessubstanzen zusammensetzen. Klarer aber ergeben sich diese Beziehungen, wenn man das Augenmerk auf einzelne Stoffwechselleistungen richtet, deren synthetische Natur unverkennbar ist.

Im Gesamtbetriebe lebender Zellen tritt uns die aufbauende Funktion besonders deutlich bei den Pflanzen vor Augen. Hier werden aus den im Sonnenlicht bereiteten Assimilaten und anorganischen Stickstoffverbindungen nebst wenigen anderen Mineralien die großen Klassen der Proteine und der Fette, die Alkaloide, die vegetabilischen Farben, Hormone, Vitamine und Fermente gebildet; es wird ein überquellendes Füllhorn bunter Erzeugnisse der Synthese dargeboten. Grundsätzlich ebenso, wenn auch in qualitativ und quantitativ verringertem Umfange, ist die tierische Zelle an der Arbeit. Kaum die ersten Anfänge liegen vor, die einen Einblick in diese synthetischen Handlungen verstatten. Nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens müssen wir letzten Endes die aufbauenden Reaktionen auf katalytische Wirkungen zurückführen, und es ist eine Aufgabe von nicht untergeordnetem

Interesse, die hierfür maßgebenden Bedingungen zu ergründen.

Wir kennen enzymatische Vorgänge, die umkehrbar sind. Durch Gleichgewichtsverschiebungen, vornehmlich durch Abänderung der Konzentrationsverhältnisse, ist man imstande, in Erfüllung der von Tammann und van t'Hoff begründeten Forderung mittels Fermenten — ebenso wie mit nicht der belebten Natur entnommenen Katalysatoren — bestimmte durch Hydrolyse entstandene Spaltprodukte wieder zu verbinden. Der Zusammenschluß der betreffenden Komponenten zu Disacchariden und Glukosiden unter dem Einfluß von Maltase, Lactase und ähnlichen Enzymen, der Aufbau von Estern, und zwar von fettähnlichen Stoffen, mittels der Lipase oder von Hexosebiphosphat durch Digestion von Zucker und phosphorsauren Salzen mit Hefenferment gehören dahin. Ähnlich liegen die Verhältnisse für die reversiblen Prozesse in der Eiweißreihe. Hier vermögen die proteolytischen Enzyme Pepsin bzw. Lab sowie Papayotin und vielleicht auch Organ säfte unter gewissen Bedingungen Aminosäurenkomplexe zu höheren Molekülverbänden, die den Charakter eiweißähnlicher Stoffe besitzen, wieder aneinander zu fügen. Auch eine verwandte Substanz, die Hippursäure, kann ferment synthetisch erhalten werden.

Das Charakteristikum aller dieser Molekülverknüpfungen ist nun, daß es sich — genau wie bei den Abbauprozessen — ausschließlich um Reaktionen handelt, die sich zwischen Kohlenstoff-Sauerstoff- oder Kohlenstoff-Stickstoff-Atomen vollziehen. Der Erfolg der Wiedervereinigung erstreckt sich auf die Herstellung der selben Bindungen, die bei der Aufspaltung gelöst werden und deren Grundformen in den Glukosiden, Estern sowie Säureamiden vorliegen. Alle jene Reaktionen sind demnach *Anhydrierungen, rückgängig gemachte Hydrolysen*.

Eine Sonderstellung unter den Enzymen nimmt die Gruppe von Katalysatoren ein, welche *Kohlenstoff-Kohlenstoff-Ketten* zerreißen. Ihr Typ ist in den Fermenten der alkoholischen Gärung vorhanden. Zymase, die den Zucker in Alkohol und Kohlendioxyd zerlegt, oder Carboxylase, die Brenztraubensäure in Acetaldehyd und Kohlensäure spaltet, sind Hauptvertreter der Agentien, die dieser Art der Molekülzerkleinerung dienen. Eine Umdrehung solcher Vorgänge aber, d. h. der *Aufbau von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Ketten*, war bisher nicht bekannt, obgleich er zweifelsohne in der Natur von allergrößter Verbreitung und Bedeutung ist, wie schon aus einem einzigen Beispiele, der biologischen Fettsynthese, hervorgeht. Der Nachweis eines *Fermentes mit kernsynthetischer Funktion* — und zwar für die *gradlinige Aneinanderlagerung* von verschiedenen, freiwillig nicht miteinander reagierenden Molekülen, ohne Mitwirkung irgendwelcher Oxydationen und Reduktionen, — ist erst in jüngster Zeit gelungen. Dieses Agens, das wegen seines sinnfälligen Effektes, der unmittelbaren Knüpfung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen, den Namen *Carboligase* erhalten hat, ist unlängst von *Neuberg* und *Hirsch* aufgefunden worden.

Seine Tätigkeit ist nun in bemerkenswerter Weise mit der von Gärung hervorruhenden Enzymen, Zymase oder Carboxylase, verknüpft. Vor Jahren hat *Neuberg* mit *Peterson*, *Steenbock*, *Welde*, *Nord*, *Kerb*, *Ringer*, *E. Rona*, *Schwenk*, *Lewite*, *Färber* u. a. gezeigt, daß durch die sogenannten „*phytochemischen Reduktionen*“ desoxydierbare Substanzen hydriert werden, wenn man sie zu gärenden Zuckerlösungen fügt.

Aldehyde und Ketone gehen dabei in die entsprechenden Alkohole, Thioaldehyde und Disulfide in die zugehörigen Merkaptane, Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen, wie Nitro-, Nitroso- und Hydroxylaminabkömmlinge, schließlich in Amine über. Eine entsprechende Umwandlung erfahren auch geeignete anorganische Materialien. Der wirksame „Wasserstoff“ muß in letzter Linie dem umgesetzten Zucker entstammen. Nach den durch die neueren Arbeiten von *Neuberg* und Mitarbeitern begründeten Anschauungen entsteht der Spirit bei der gewöhnlichen Gärung gleichfalls durch eine Reduktion, und zwar des intermediär gebildeten Acetaldehyds. In Sonderfällen war es gelungen, scharfe quantitative Beziehungen zwischen den sich abspielenden Oxydations- und Reduktionsvorgängen festzustellen, nämlich durch künstliche Beeinflussung der Gärung mittels Stoffen, die den normalerweise als Zwischenglied gebildeten Acetaldehyd, also ein Oxydationsprodukt, fesseln und als Gegenwertleistung die äquivalente reduktive Bildung vom Glycerin nach sich ziehen. Je nach der Natur der gewählten Reagentien bleibt die Stufe Acetaldehyd als solche erhalten, oder es erfolgt eine *Dismutation*, indem 2 Moleküle Aldehyd unter Aufnahme von 1 Molekül Wasser häufig zu Essigsäure und Weingeist disloziert werden.

Wenn nun die phytochemische Reduktion sich an einem interferierenden desoxydierbaren Körper abspielt, so gibt der zerfallende Zucker „Wasserstoff“ her. Der normale Acceptor des-

selben — der Acetaldehyd — tritt in Konkurrenz mit dem zugefügten Empfänger. In anderen Worten: der „mobilisierte Gärungswasserstoff“ wird vom Acetaldehyd abgedrängt, und letzterer muß als solcher oder in Form sekundärer Umwandlungsprodukte erscheinen. Es wäre somit zu erwarten gewesen, daß bei den phytochemischen Reduktionen pro Molekül durch Hydrierung entstandener Verbindung ein Mol. Acetaldehyd übrig bliebe. Tatsächlich haben *Neuberg* und Mitarbeiter bei diesen eigenartigen Vorgängen der phytochemischen Reduktion Acetaldehyd unter den Umsetzungserzeugnissen beobachtet, aber nicht im korrelativen Verhältnis. Da auch die einfachen Dismutationsprodukte des Acetaldehyds nicht in äquivalentem Umfange nachzuweisen waren, so mußte eine andere Verwendung des Acetaldehyd stattfinden, der bei der Zuckerspaltung entsteht und aus seiner normalen Bahn der Umwandlung geworfen wird. Bei der Verfolgung dieser für den Stoffwechsel nicht unwichtigen Verhältnisse stießen wir nun auf das neue synthetisierende Ferment, die zuvor erwähnte Carboligase.

Setzt man zu gärenden Rohr- oder Traubenzuckerlösungen *Benzaldehyd*, so wird durch „phytochemische Reduktion“ Benzylalkohol gebildet. Daneben aber förderte die gründliche Untersuchung des Gärguts ein neues Produkt zutage, das formelgemäß sich aus je einem Molekül Benzaldehyd ($C_6H_5 \cdot CHO$) und Acetaldehyd ($CH_3 \cdot CHO$) zusammenfügt. Es bestehen mehrere Möglichkeiten, nach denen die beiden Komponenten sich aneinander reihen können. Der gebildete Körper von der Zusammensetzung $C_9H_{10}O_2$ besitzt nicht, was am nächstliegenden erschien, Aldolbau, er ist nicht Benzaldehyd-acet-aldol, sondern hat die Formel des isomeren α, β -Oxyketons:

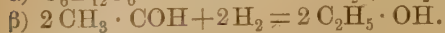
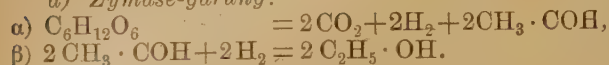


Wahrscheinlich liegt die Verbindung I vor. Durch die Eigenschaften — starkes Reduktionsvermögen in der Kälte, Befähigung zur Bildung von Osazonen der Struktur $C_6H_5-C(:N.NHR)-C(:N.NHR)-CH_3$ usw. ist die *Benzoinnatur* der Substanz außer Zweifel gestellt. Sie tritt, und das spricht aufs deutlichste für ihre biochemische Entstehungsweise, in stark optisch aktiver Form auf.

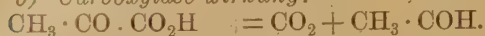
Es war ein neuer Prüfstein für die Richtigkeit unserer früheren Ergebnisse auf dem Gärungsgebiete, gemäß denen die unmittelbare Vorstufe des Acetaldehyds die Brenztraubensäure ist, daß die physiologische Synthese des optisch aktiven Ketonalkohols in gleicher Weise gelingt, wenn in Gegenwart von Benzaldehyd statt der alkoholischen Spaltung des Zuckers die carboxylatische Zerlegung der Brenztraubensäure stattfindet. Denn auch diese stellt bekanntlich Acetaldehyd zur Verfügung.

Es bestehen also — schematisch — folgende Zusammenhänge:

a) *Zymase-gärung*:



b) *Carboxylase-wirkung*:



c) *Carboligase-tätigkeit*:



Da nun sowohl die geistige Gärung des Zuckers wie der Brenztraubensäurezerfall als auch die phytochemische Reduktion sich losgelöst von der lebenden Zelle, rein enzymatisch, bewerkstelligen lassen, war zu hoffen, daß der Carboligaseeffekt ebenfalls ausschließlich fermentativ herbeizuführen war. Das ist tatsächlich der Fall. Das Fermentgemisch, das im Hefenmazerationssaft vorliegt, enthält funktionstüchtige Carboligase. Nicht geglückt ist bisher die Vereinigung der formalen Komponenten unseres Ketonalkohols, die Aneinanderlagerung von Benzaldehyd und fertigem Acetaldehyd. Vielleicht hängt dieses Verhalten damit zusammen, daß die bei der Carboxylasespaltung herrschenden energetischen Bedingungen und eine im Augenblicke der Entstehung reaktionsbereitere Form des Acetaldehyds für die Kohlenstoffkettenknüpfung erforderlich sind. Es wäre auch möglich, daß zunächst eine Addition von Benzaldehyd an Brenztraubensäure stattfindet, daß dies Kondensationsprodukt dann Kohlensäure verliert und den Ketonalkohol ergibt.

Bei Verwendung anderer Aldehyde zeigt sich eine entsprechende Betätigung der Carboligase. Sie verdient Beachtung auch deswegen, weil hier ein Fermentprozeß vorliegt, der auf den Zusammenschluß zweier Aldehyde zu einem Keton herausläuft. Das Erzeugnis der Synthese selbst, dessen Benzoinstruktur angeführt ist, wird nach den bisherigen Erfahrungen von der Hefe nicht wieder in die Komponenten zerlegt.

Dadurch unterscheidet sich der Vorgang scharf von der bekannten Anlagerung der Blausäure, die, wie durch chemisch definierte Katalysatoren mittels Emulsin aktiviert werden kann. Aber diese Cyanhydrinreaktion gleicht — auch in chemischer Hinsicht — den hydrolytischen Vorgängen, insofern als das Oxy-nitril durch spaltende Agenzien chemischer wie fermentativer Art leicht in die Komponenten zerlegt wird.

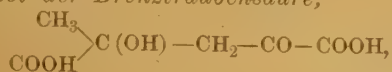
Durch die Auffindung der Carboxylase haben zwei von uns früher ausgesprochene Anschauungen über die Rolle und Verwertung des Acetaldehyds bzw. der Brenztraubensäure eine unmittelbare Bestätigung erfahren: Mit der Oxydationsstufe, die in beiden Stoffen vorliegt, ist primär der Ausgleich für die „phytochemische Reduktion“ gegeben, und ersichtlicher Weise finden dieselben Bruchstücke des Zuckers oder verwandter Substanzen, die beim Abbau auftreten, auch zu den Synthesen wieder Verwendung. Daß das Produkt der Carboligasewirkung von dem

Ferment, soweit bisher ersichtlich, nicht wieder gespalten wird, erscheint begreiflich. Die Zahl der biochemischen Agentien, die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Ketten (ohne gleichzeitige Oxydation) sprengen, dürfte beschränkt sein, und eine Umkehrbarkeit unseres synthetischen Vorgangs braucht so wenig zu bestehen, wie etwa eine rückläufige Vereinigung von Kohlensäure und Äthylalkohol zu Zucker bisher nachweisbar gewesen ist.

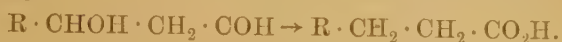
Weitere Aufklärungen über synthetische Leistungen hat auch das Studium der Butylgärungen gebracht, über deren Wesen neue Untersuchungen von Neuberg und Arinstein einen Aufschluß gewähren. Man muß drei Formen der natürlichen Buttersäurebildung unterscheiden, eine lipogene, proteinogene und saccharogene. Bei der ersten handelt es sich um die leicht verständliche Ablösung der in Estergestalt präformierten Buttersäure aus Fettstoffen, die zweite erfolgt nach älteren Feststellungen von Neuberg, Rosenberg und Brasch (1907) auf dem Wege der Kohlenstoffkettenverkürzung, indem das Eiweißspaltungsprodukt Glutaminsäure durch gleichzeitigen Verlust des Amidrestes und der Carboxylgruppe in Buttersäure übergeht. Die dritte Art, die saccharogene, ist am wenigsten durchsichtig, verdient aber um so größere Aufmerksamkeit, als sie im Gegensatz zur proteinogenen Entstehungsweise auf einem kernsynthetischen Prozeß beruht. Schon die ersten Erforscher der Buttersäuregärung, wie Pasteur, Fitz, Beijerinck u. a., haben nämlich beobachtet, daß auch Körper der 3-Kohlenstoffreihe eine Quelle der Buttersäure, $C_3H_7O_2$, bzw. des zu ihr gehörigen Alkohols, des Butylalkohols, $C_4H_{10}O$, sein können. Offenbar muß es sich, wenn Körper der C_3 -Reihe zur Schaffung der viergliedrigen Kette von Butylderivaten dienen, um eine Synthese handeln, in ähnlicher Weise, wie dies vor Jahren Neuberg für den Übergang von Brenztraubensäure in Aldol bzw. β -Oxy-Buttersäure gezeigt hat. Die Fähigkeit zu einer derartigen Vergärung von Glycerin, $C_3H_8O_3$, oder von Salzen der Milchsäure, $C_3H_6O_3$, die keineswegs beliebig reproduzierbar ist, kommt oft nur Mischkulturen zu und erlischt bei einer daraus hergestellten Reinzucht zumeist nach einiger Zeit. Immerhin hat bereits Fitz versucht, sich eine Vorstellung vom Mechanismus des zugrunde liegenden Vorgangs zu machen; er verwies darauf, daß Milchsäure bei mehreren Reaktionen Acetaldehyd entwickeln und dieser zu Aldol kondensiert werden könne, das wie die Buttersäure vier Kohlenstoffatome im Molekül enthält. Freilich hat Fitz keinen dieser beiden Stoffe bei der Butylgärung nachgewiesen und auch gar keine experimentelle Begründung für seine ganz beiläufige Äußerung zu liefern versucht; es hat auch nicht an Forschern gefehlt, die gegen eine solche Deutung Einspruch erhoben haben, wie insbesondere Hoppe-Seyler sowie Curtius und Franzen. Erst neuere Untersuchungen von Neu-

berg und Nord haben gezeigt, daß bei der Zerlegung des Zuckers durch Kleinlebewesen, die den Buttersäurebildnern nahestehen, tatsächlich Acetaldehyd auftritt. Unter Benutzung der von Neuberg mit Färber und Reinfurth ausgearbeiteten „Abfangmethode“, die auf der chemischen Festlegung intermediär gebildeten Acetaldehyds und dessen Schutz vor weiteren Umwandlungen beruht, gelang jenen Autoren die Isolierung von Acetaldehyd; so beispielsweise mit dem Erreger des Gasbrandes, der zur Klasse der Buttersäurebakterien gezählt wird, ohne daß er eine ganz typische Butylgärung hervorruft. Die neueren Untersuchungen von Neuberg und Arinstein erstreckten sich daher auf einen regelrechten Vertreter dieser Gruppe, und zwar auf den *Bacillus butylicus* Fitz. In Anwesenheit sekundärer schwefligsaurer Salze (Abfangverfahren) erzeugt er in der Tat aus Kohlehydraten bis 10 % ihres Gewichtes an Acetaldehyd, und zwar in knapp zwei Wochen. Dies Verhalten ist um so beachtenswerter, als zu diesem Zeitpunkte auch selbst bei normalen Butylgärungen keineswegs aller Zucker umgesetzt ist, wozu etwa die Frist eines Monats erfordert wird. Der innige Zusammenhang dieser künstlich hervorgerufenen Acetaldehyd-Anhäufung mit der natürlichen Buttersäuregärung ergibt sich weiter daraus, daß im „Abfangversuche“ die Butylderivate überhaupt nicht entstehen und der Anteil des Zuckers, welcher der Umwandlung anheimgefallen ist, eben in Form von Acetaldehyd bzw. seinen Dismutationsprodukten Alkohol und Essigsäure vorliegt. Auch ein anderer Bazillus aus der weit verzweigten Reihe der Buttersäureerzeuger, ein *Granulobacter*, verhält sich grundsätzlich ebenso.

Gewissermaßen ähnlich, wie es nun nicht gelingt, in dem zuvor behandelten Fall der Carboligasewirkung fertigen Acetaldehyd mit Benzaldehyd zu verketten, so ist es bisher auch nicht möglich gewesen, auf biochemischem Wege Acetaldehyd oder sein erstes Kondensationsprodukt Acetaldo in Butylabkömmlinge überzuführen. Auch wenn man statt des Acetaldehyds einfach seine biologische Vorstufe, Carboxy-acetaldehyd (= Brenztraubensäure), nimmt, so beobachtet man nur Essig- und Ameisensäure, aber keinen Körper der 4-Kohlenstoffreihe. Zum Ziel aber führen Versuche mit dem *Aldol* der Brenztraubensäure,



das in Form seines Anhydrids, der α -Keto- γ -valero-lacton- γ -carbonsäure, bekannt ist und leicht aus der Brenztraubensäure, z. B. schon beim Stehen durch freiwillige Kondensation hervorgeht. Diese Verbindung liefert bei der Vergärung in Gegenwart von kohlensaurem Kalk Buttersäure. Man wird sich vorstellen dürfen, daß das genannte Brenztraubensäurealdol, das noch zu den α -Ketosäuren gehört, auf carboxylatische Weise Kohlensäure verliert und daß sich an dem entstandenen Körper selbst oder seiner Vorstufe eine Sauerstoffwanderung vollzieht, die vollkommen analog ist der bekannten Saccharinumlagerung:



Auch die Annahme, daß sich einfache Bruchstücke des Zuckers zu längeren Kohlenstoffketten aneinanderreihen können, findet durch Versuche von Neuberg und Arinstein eine Begründung. Die Autoren zeigen nämlich, daß bei Anwendung einer im übrigen vollkommen mineralischen Zuckerlösung, durch welche die erwähnte proteinogene und lipogene Fettsäureentstehung ausgeschlossen wird, höhere Fettsäuren¹⁾ von der Zusammensetzung der Capronsäure ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$), der Caprylsäure ($\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$) und Caprinsäure ($\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$) auftreten.

Beide Fälle von Kohlenstoffkettenverlängerung, sowohl die rein fermentativ durchführbare Carboligasewirkung als die vorläufig nicht vom Organismus der Erreger getrennte Butylgärung, stellen die Brenztraubensäure in ein neues Licht. Durfte diese bisher als Muttersubstanz von Abbauergebnissen — von Acetaldehyd, Kohlensäure, Äthylalkohol und Essigsäure — gelten, so erweist sie sich nunmehr auch als Quelle bestimmter kohlenstoffreicherer Ketonalkohole und der Butylderivate. Da aber die Brenztraubensäure ein Produkt des von den Organismen bewirkten Zerfalls ist und unter deren Einflüsse zugleich als Material für unverzweigte Kohlenstoffverkettungen dient, so sehen wir hier eine unerwartete und bemerkenswerte Verknüpfung von Abbauprozessen und kernsynthetischen Vorgängen.

¹⁾ Die Möglichkeit, daß die von der Carboligase hervorgebrachten α , β -Ketonalkohole zu Aldolen isomerisiert und dann zum Übergang in Fettsäuren befähigt werden
 $(\text{R} \cdot \text{CO} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_3 \rightarrow \text{R} \cdot \text{COH} : \text{COH} \cdot \text{CH}_3$
 $\rightarrow \text{R} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COH} \rightarrow \text{R} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}),$
 sei hier nur angedeutet.

Faserstruktur im Röntgenlichte.

Von M. Polanyi, Berlin-Dahlem.

Es ist bereits mehrfach darüber berichtet worden, daß die natürlich gewachsenen Cellulose-

fasern sowie Seidenfäden eigenartige Röntgen-diagramme liefern, die einen gewissen Einblick

in das Wesen der Faserstruktur gewähren¹⁾. Namentlich findet man, wenn Durchleuchtung im monochromatischen Lichte vertikal zur Richtung des ausgespannten Faserbündels erfolgt, daß statt der zu erwartenden Debye-Scherrer-Kreise ein Diagramm erscheint, das aus Punkten bzw. Streifen besteht, die in eigenartig symmetrischer Anordnung den Durchstoßpunkt des Röntgenstrahles umgeben. Die Fig. 2 zeigt eine Platte, die man auf diese Weise mit Ramiefasern erhält.

Zur Erläuterung der Methode, die zur Analyse solcher Faserdiagramme dient, soll zuerst mit ihrer Hilfe das Röntgendiagramm für einen bekannten Fall konstruiert werden, nämlich für die Anordnung von *Debye* und *Scherrer*, bei der ein feines Kristallmehl von monochromatischem Röntgenlichte getroffen wird. In dem Häufchen Kristallmehl, das als Beugungszentrum dient, heben wir irgendeine Netzebenenart hervor (z. B. die Netzebenen [132]) und sprechen fortan von der Gesamtheit dieser Netzebenen als von den Netzebenen *N*.

Die abgebeugten Strahlen verhalten sich nun nach *Bragg* bekanntlich so, als würden sie von den Netzebenen reflektiert — wobei nur die unter einem bestimmten Gleitwinkel (γ) auftreffenden Strahlen reflektiert und alle anderen durchgelassen werden. Dabei ist

$$\gamma = \arcsin \frac{\lambda}{2D} \dots \dots \dots (1)$$

(λ = Wellenlänge des Röntgenlichtes, D = Gitterkonstante der reflektierenden Netzebene).

Bei Konstruktion des Röntgendiagrammes können also alle einer bestimmten Ebene parallel gelegenen Netzebenen *N* durch eine einzige gleichgerichtete Netzebene *N* ersetzt werden, wobei die Lage dieser (je eine Parallelschar repräsentierenden) Netzebenen innerhalb des Beugungszentrums beliebig angenommen werden kann. Die Rolle der Netzebenen *N* kann somit durch eine im Beugungszentrum konstruierte Halbkugelfläche übernommen werden — deren Tangentialebenen ja alle möglichen Richtungen haben —, vorausgesetzt, daß die Halbkugelfläche nur unter jenem Gleitwinkel reflektiert, der den Netzebenen *N* nach (1) zukommt.

Die reflektierende Halbkugel, für die wir diese Bedingung einführen wollen, sei die dem Röntgenstrahle zugewendete Hälfte der in Fig. 1 als „Netzebenenkugel“ bezeichneten Kugel.

Man sieht leicht, daß die Gesamtheit der Punkte auf dieser Halbkugel, denen der Gleitwinkel γ zukommt, einen Kreis bilden, dessen Ebene vertikal zur Strahlrichtung steht und dessen Abstand vom zugehörigen Pole gleich $90^\circ - \gamma$ ist. Die Punkte auf der Netzebenenkugel, die diesen Kreis bilden, er-

setzen also vollkommen die Netzebenen *N*. Wir nennen ihn daher den „Reflexionskreis“ dieser Netzebenen (Kreis *R* in Fig. 1). Ein Blick auf die Fig. 1 zeigt, daß die am Reflexionskreise reflektierten Teile des Strahles eine Kegelfläche (vom Öffnungswinkel 2γ) bilden, also die bekannten Debye-Scherrer-Diagramme liefern. Insbesondere kommt man für eine senkrecht zur Strahlrichtung stehende Platte zu kreisförmigen Interferenzlinien.

Wie können nun im Sinne dieser Konstruktion *Punktdiagramme* entstehen, wie sie die Fasern liefern? Welcher Art ist das geometrische Gebilde, das an Stelle der Netzebenenkugel zu treten hat, wenn die Netzebenen *N* statt Kreisen Punkte erzeugen sollen?²⁾

Erstens muß es nach dem bisher Gesagten möglich sein, dieses Gebilde auf die Fläche der Netzebenenkugel aufzutragen, denn diese umfaßt ja *alle* möglichen Netzebenenlagen, zweitens muß gefordert werden, daß das gesuchte Gebilde Teile des Reflexionskreises umfaßt — denn nur Punkte, die auf diesem Kreise liegen, können reflektieren. Hieraus findet man das fragliche Gebilde, indem man noch bedenkt:

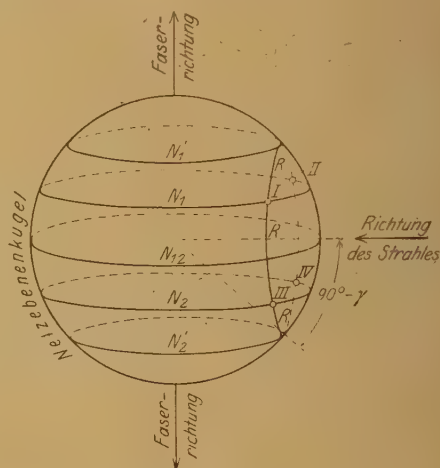


Fig. 1.

1. Daß es den Reflexionskreis nur in einzelnen Punkten schneiden (also nicht etwa auf ganzen Stücken überlagern) darf, da im Diagramm bloß Punkte auftreten sollen,

2. daß diese Schnittpunkte bei Drehung der fraglichen Gebilde um eine zum Strahl vertikale Richtung (die Faserichtung) unverrückt bleiben müssen — da das Diagramm sich bei Drehung der Faser um seine Achse nicht ändert.

Zufolge 1 müssen die gesuchten Gebilde Linien (und nicht etwa Flächen) sein; zufolge 2 müssen diese Linien Kreise sein, deren Ebenen quer zur Faserichtung liegen. An Stelle der Netzebenenkugel treten also *Netzebenenkreise*.

Es ist leicht zu zeigen, daß die Darstellung

¹⁾ Herzog u. Jancke, Ber. d. D. chem. Ges., 53, 2162 (1920). Herzog, Jancke, Polanyi, Ztschr. f. Phys., 3, 343 (1920). P. Scherrer in Zsigmondy, Kolloidchemie, 3. Aufl., 408 (1920). Herzog u. Jancke, Festschrift der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, S. 118.

²⁾ Der Eingangs erwähnte Umstand, daß neben Punkten auch Streifen auftreten, ist für das Prinzip der Erklärung belanglos und kann daher bei der folgenden Ableitung unberücksichtigt bleiben.

der Lagenmannigfaltigkeit der Netzebenen in der Faser durch solche Kreise die charakteristischen Symmetrieverhältnisse der Punktdiagramme voraussehen läßt:

Ist N_1 in Fig. 1 ein Netzebenenkreis, so kann man auch den gleichgroßen Parallelkreis N_2 als solchen betrachten, da dieser dieselbe Lagenmannigfaltigkeit darstellt. Auf diesen zwei Kreisen sind insgesamt vier reflektierende Punkte vorhanden: die vier Punkte, in denen sie den Reflexionskreis schneiden.

Das entstehende Punktdiagramm ist also eine Abbildung dieser vier Schnittpunkte (*I, II, III, IV* in Fig. 1) und wird demnach zwei Symmetrieachsen haben, eine parallel zur Faser und eine quer zu dieser. Man findet dies bestätigt an der Ramiefaseraufnahme in Fig. 2: Jeder Interferenzpunkt tritt in vier symmetrischen Lagen

ungslos, was man schon daraus sieht, daß sie gegebenenfalls dadurch zum Verschwinden gebracht werden kann, daß man eine größere Wellenlänge einstrahlen läßt, wodurch der Polabstand des Reflexionskreises vergrößert wird, so daß dieser die Kreise N_1' und N_2' , die er zuvor bloß berührt hatte, nun durchschneidet.

Dagegen ist es physikalisch bedeutungsvoll, wenn Doppelpunkte auf der Querachse auftreten. Solche entstehen, wenn die Netzebenenkreise Größtkreise werden, wodurch beide notwendig zusammenfallen, und zwar in einem Kreise, der die Lage von $N_{1,2}$ in Fig. 1 hat. Die Netzebenen, deren Lagenmannigfaltigkeit durch einen Größtkreis dargestellt ist, liegen alle parallel zur Faserachse, gehören also einer Zone an, die in der Faserrichtung liegt. Ein besonders häufiges, intensives Auftreten von Doppelpunkten auf der

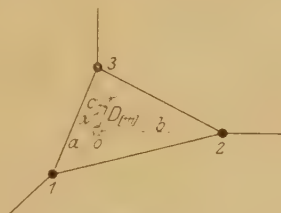


Fig. 3.

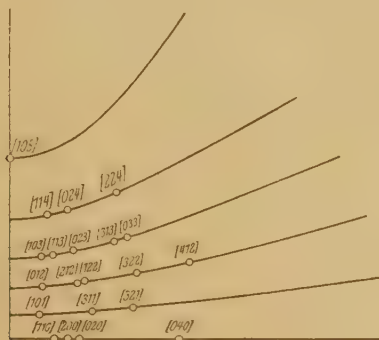


Fig. 4

auf, — nur jene Punkte, die gerade auf eine Symmetrieachse fallen, treten (diesem Umstande entsprechend) bloß zweimal auf¹⁾.

Für unsere weiteren Überlegungen müssen wir uns über die Bedeutung dieser Doppelpunkte im Sinne unseres Konstruktionsschemas klar werden. Dabei zeigt sich, daß diese Bedeutung eine sehr verschiedene ist, je nachdem die Doppelpunkte entlang der Faserachse liegen oder auf der Querachse auftreten. Laut unserem Konstruktionsschema bedeutet der erste Fall, daß die Netzebenenkreise, statt den Reflexionskreis zu schneiden, diesen nur berühren (siehe N_1' und N_2' in Fig. 1). Letztere — übrigens ziemlich seltene — Erscheinung ist physikalisch bedeu-

Querachse des Diagrammes (wie etwa am Ramie-diagramm in Fig. 2 sichtbar) bedeutet also, daß eine besonders flächenreiche Zonenachse der Kristallite in der Faserrichtung liegt.

Nun kommen als solche Zonenachsen natürlich vor allem die Hauptachsen in Betracht, und man wird daher untersuchen, ob es nicht eine Hauptachse der Kristallite ist, die in der Faserrichtung steht. Das Ergebnis ist positiv: sowohl Flachs wie Seidenfasern erweisen sich in diesem Sinne als nach einer Hauptachse geordnet.

Um dies festzustellen, war es nötig, die charakteristischen Merkmale eines Röntgendiagrammes, wie es von einer nach einer Hauptachse geordneten Faser erzeugt werden muß, abzuleiten, was nach folgendem Prinzip geschah.

In einem beliebigen (etwa rhombischem)

¹⁾ Eine dem Wesen nach ähnliche Ableitung der Punktdiagramme findet sich bei Herzog, Jancke, Polanyi l. c.

Raumgitter mit den Grundperioden a , b , c sei eine Netzebene durch ihre drei kristallographischen Indizes festgelegt, z. B. sei es Einfachheit halber die Netzebene [111].

Sind in Fig. 3 die Punkte 0, 1, 2, 3 Gitterpunkte und die Entfernungen a , b , c die drei Grundperioden, so ist die Ebene, die durch die Punkte 1, 2 und 3 geht, eine [111]-Ebene. Die Entfernung des Punktes 0 von dieser Ebene ist also der Netzebenenabstand $D_{[111]}$ der Netzebene [111]. Denkt man sich nun z. B., die Faser sei nach der c -Achse geordnet, so sieht man sofort, daß der Winkel α , den die von 0 aus auf die Ebene [111] gefällte Normale mit c einschließt, gleich dem Winkelabstand des Netzebenenkreises [111] von der Faserachse wird.

Ferner ist aus Fig. 3:

$$D_{[111]} = c \cos \alpha, \dots \dots \dots (2)$$

woraus mit Hilfe von (1) der Glanzwinkel $\gamma_{[111]}$ der Ebene [111] sofort berechenbar ist. Damit ist nun auch der Polabstand des zur Ebene [111] gehörigen Reflexionskreises (der einfach $90^\circ - \gamma_{[111]}$ beträgt), bekannt, und damit auch dieser Kreis festgelegt.

Die Auffindung der zur Netzebene [111] gehörigen Interferenzpunkte ist nun eine rein rechnerische Aufgabe. Man hat nur die Lage der Punkte, in denen die Netzebenenkreise den Reflexionskreis schneiden, auszurechnen und die Strahlen, die an diesen Punkten reflektiert werden, bis zur Platte zu verfolgen.

Eine rechnerische Durchführung dieses Gedankenganges unter Verallgemeinerung desselben auf beliebige kristallographische Indizestripel hat zum Ergebnis geführt, daß sämtliche Interferenzpunkte einer nach einer Hauptachse geordneten Faser auf einer Schar von Hyperbeln liegen müssen, wie sie in Fig. 4 dargestellt ist. Die Abbildung zeigt bloß einen Quadranten dieser Hyperbeln. Die auf den Kurven liegenden Kreise deuten die Lage der Interferenzpunkte der

Flachsfasern an, die Zahlen sind die wahrscheinlichsten kristallographischen Indizes der reflektierenden Netzebenen.

Man sieht, daß alle Punkte auf den einzelnen Hyperbeln an der (in der Faserrichtung gelegenen) c -Achse gleiche Indizes haben und daß diese von Kurve zu Kurve je um Eins wachsen.

Es liegt auf der Hand, daß dieser Umstand die Berechnung jener Elementarperiode, die parallel zur Faserrichtung liegt, sehr erleichtert. Sobald man die Hyperbeln durch das Diagramm durchgezogen hat, kann man die Grundperioden c aus denselben geradezu ablesen.

Hat man eine der drei Grundperioden auf diese Weise festgelegt, so ist hierdurch die Berechnung der beiden anderen wesentlich erleichtert, da das Problem damit viel von seiner Unbestimmtheit verliert.

Für die röntgenographische Strukturbestimmung eines Stoffes ist es also vorteilhaft, wenn seine Kristallite nach einer Hauptachse geordnet sind, besonders ist dies bei organischen Körpern der Fall, die recht unscharfe Bilder geben und wo außerdem noch die Interferenzen erster Ordnung häufig fehlen, so daß die Anwendung der Runge-Johnsen-Töplitz'schen Rechenmethode zu falschen Resultaten führt.

Unter Verwendung dieses Umstandes ist eine Verbesserung der Debye-Scherrer'schen Methode entstanden, die darin besteht, daß man die zu untersuchende Substanz bei sehr hohem Druck bis zum Eintreten des „Fließens“ preßt, wodurch die Masse eine nach einer Hauptachse geordnete Struktur erhält¹⁾. Man erhält so Streifendiagramme, deren Auswertung nach den oben angegebenen Prinzipien viel sicherer ausführbar ist als jene der gewöhnlichen Debye-Scherrer-Diagramme.

¹⁾ Becker, Herzog, Jancke, Polanyi, Ztschr. f. Phys. nächste Nummer.

Die Lage der Ernährungswissenschaft in Deutschland.

Von Max Rubner, Berlin.

Die Ernährungswissenschaft hat als Ernährungsbiologie das umfassende und große Ziel, die Ernährungsvorgänge alles Lebenden zu erforschen. Nirgendwo stoßen wir auf Lebendes ohne Ernährung. Die Grundfragen der Biologie stehen somit in engstem Zusammenhang mit diesem Zweige der Forschung. Die Ernährungswissenschaft als vergleichende Disziplin ist die Ergänzung der morphologischen Richtung in der Biologie. Sie umfaßt Menschen, Tiere, Pflanzen, Protozoen und Mikroben aller Art.

Inhaltlich hat die Ernährungswissenschaft die Nahrung der Pflanzen und Tiere festzustellen, die chemische und physikalische Umformung zu

erläutern und mit den erzielten Leistungen in Parallele zu stellen. Ist sonach die Ernährungsbiologie inhaltlich eine Einheit, so gliedert sie sich natürlich im Einzelnen nach besonderen Gruppen, in die Ernährung der Pflanzen und Tiere und in jedem Gebiet wieder abgestuft nach weiteren Unterabteilungen.

Die Anfänge der wissenschaftlichen Forschung gehen kaum weiter zurück als auf die Mitte des vorigen Jahrhunderts, auf die Zeit, wo es zuerst methodisch gelungen war, die chemische Zusammensetzung von Tier und Pflanze näher festzustellen, um hieraus die erste „Ernährungstheorie“ zu schaffen. Der Name *Liebig's* ist

eng mit diesem Aufblühen der Ernährungsfor-
schung verknüpft, die ersten großen experimen-
tellen Untersuchungen wurden dann von *Petten-
kofer* und *C. Voit* ausgeführt.

Die Fortschritte der rein wissenschaftlichen
Forschung haben sich alsbald befruchtend für die
praktische Anwendung erwiesen. Die Landwirt-
schaft ist aus ihrem Jahrtausende alten rein em-
pirischen Verfahren zur rationellen Wirtschaft
übergegangen, hat die Bodeneträgnisse gesichert
und vervielfacht. Nicht minder erfolgreich war
die Einführung rationeller Fütterungsmethoden
für die Viehzucht geworden, auch in der Fisch-
zucht konnten die Erträgnisse erstaunlich gesteigert
werden. Die Vorteile des „rationellen“ Ver-
fahrens liegen hier überall auf der Hand,
Mehrerung der Ware wie der Geldwerte der Er-
trägnisse brachten den Kulturnationen neue
Quellen des allgemeinen Wohlstandes.

Nicht minder einflußreich erwies sich die
Ernährungswissenschaft auch hinsichtlich ihrer
Bedeutung für den Menschen selbst. Der Staat
konnte den Schutz der Gesundheit gegenüber den
Gefahren durch verdorbene und verfälschte Nah-
rungsmittel auf eine gesicherte Basis stellen.
Im Laufe der Zeit erkannte man eine Reihe von
Volkskrankheiten, z. B. in den Reis und Mais
bauenden Ländern als Nahrungsmittelkrankheiten,
die sich bekämpfen ließen. Die Anwendung der
Ernährungslehre in der Behandlung von Krank-
heiten führte zur Durchführung der diätetischen
Therapie, das Studium der Säuglingsernährung
zur Beseitigung der dem Kinde drohenden Lebens-
gefahren, die Massenernährung in Kranken-
anstalten, Siechenanstalten, in Gefängnissen, Volks-
küchen brachte jetzt Ordnung und Verständnis
an Stelle der empirisch tastenden Verfahren.
Die Ernährung der Armee wurde auf neuem
Boden aufgebaut. Die Versuche, durch die Haus-
haltungsschulen bessere Erkenntnis über die Er-
nährung in weite Kreise zu tragen, haben zweifel-
los auch ihren Nutzen getragen.

Am spätesten hat sich das Problem der Volks-
ernährung entwickelt. Erst kurz vor Beginn des
Krieges hat das wissenschaftliche Studium dieses
großen Gebietes begonnen. Läßt sich der Wert
der Anwendung der wissenschaftlichen Ernäh-
rungslehre für den Menschen auch nicht wie
bei der Landwirtschaft und Viehzucht unmittelbar
in Geld ausdrücken, so haben wir durch den Ge-
sundheitsgewinn, den der Mensch durch die
Kenntnisse von der rationellen Ernährung erfah-
ren hat, gleichfalls ein Geldmaß. Von diesem
Gesichtspunkte aus betrachtet, dürfen wir sagen,
ist der Einfluß rationeller Ernährung ein ganz
enorm groß für das Volkswohl gewesen.

Was den Staat und seine Beziehungen zu den
drei großen Ernährungsproblemen anlangt, so
darf man sagen, soweit Landwirtschaft und
Viehzucht in Betracht kommen, hat es im allge-
meinen auch den wissenschaftlichen Spezialinsti-

tuten nicht an einer Förderung gefehlt, wenn
schon auch manchmal über Kargheit geklagt
worden sein mag. Und gewiß darf auch für die
Zukunft das Maß der staatlichen Fürsorge nicht
geringer werden, im Gegenteil, die Not der Zeit
erfordert mehr wissenschaftliche Arbeit als
ehedem.

Im Gegensatz zu der guten Pflege der Pflan-
zen- und Tierernährung hat der Staat für die Er-
nährungswissenschaft im allgemeinen und speziell
für die Aufgaben der Erforschung der mensch-
lichen Ernährung wenig übrig gehabt. Man muß
schon auf die 60er Jahre des vorigen Jahrhun-
derts zurückgreifen, um auf einen Fall zu stoßen,
wo die Munifizenz eines Fürsten einmal werk-
tätig eingegriffen hat. Im übrigen hat die Ernäh-
rungswissenschaft eben als Teil der Physiologie
in einigen Laboratorien ihr Dasein gefristet. Ein
besonderes Institut oder gar eine Institution, die
sich mit Fragen der menschlichen Ernährung und
der Volksernährung hätte beschäftigen können,
gab es bei uns nie. Alle Anregungen dieser Art,
auch die, welche ich noch wenige Jahre vor dem
Kriege, 1912, gegeben habe, sind völlig ohne den
geringsten Erfolg geblieben. Das ist um so auf-
fälliger, als man wohl ohne Ruhmredigkeit wird
sagen dürfen, daß gerade die deutsche Wissen-
schaft sich in hohem Maße um die Förderung
dieser Disziplin verdient gemacht hat.

Auch aus privaten Mitteln sind der Ernäh-
rungswissenschaft — wenn wir von dem Institut
für Nahrungsmittelforschung in München ab-
sehen, niemals nennenswerte Beträge zugeflossen.
Wenn man bedenkt, welche Fülle ungelöster Pro-
bleme in rein wissenschaftlicher Hinsicht, wie
in den praktischen Fragen der Volksernährung
vorliegen, ist die Gleichgültigkeit geradezu be-
fremdend.

Es ist von großem Interesse, daß namentlich
in Nordamerika die Mittel für das Studium der
Nahrungsmittel wie für das Studium der wissen-
schaftlichen Probleme überreichlich fließen. Die
Carnegie Institution of nutrition in Boston stellt
eine der großartigsten Stiftungen dieser Art dar,
von zahlreichen anderen trefflichst ausgestatte-
ten Speziallaboratorien nicht zu reden. Holland
erhält im kommenden Jahre ein Institut für
Volksernährung.

In Deutschland fehlte es bisher an jedem
staatlichen Interesse für die Fragen der Volks-
ernährung überhaupt. Ja, man kann sagen, daß
namentlich in der Kriegszeit es an jedweder amt-
lichen Föhlung mit der deutschen Ernährungs-
wissenschaft gefehlt hat. Was an wissenschaft-
lichen Leistungen in dieser schweren Zeit ge-
schehen war, fußt nur auf rein privater Initiative.
Diese ablehnende Haltung ist auch im Auslande
nicht unbemerkt geblieben und als unverständlich
bezeichnet worden. Völlig anders war die Sach-
lage während des Krieges bei der Entente. Man
hat die besten wissenschaftlichen Kräfte als ein-

flußübende Berater für die Ernährungsfrage herangezogen und auf deren Urteil die Versorgungspläne mit Nahrungsmitteln aufgebaut. In Deutschland bestanden irgendwelche offizielle Beziehungen mit den maßgebenden Behörden in diesen Fragen zu keiner Zeit.

Vielleicht dürfen wir hoffen, daß doch noch

eine neue Ära anbricht, in der das Gefühl durchdringt, daß die Ernährungsforschung im Allgemeinen wie die Volksernährung im Speziellen ein wichtiges staatliches Problem darstellt und daß es keinen besseren Weg zur Erkenntnis gibt, als die Pflege der Wissenschaft um ihrer selbst willen.

Aus der anorganisch-chemischen Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie.

Von Alfred Stock, Berlin-Dahlem.

Als ich 1916 dem Rufe an das Dahlemer Forschungsinstitut folgte, tat ich es in der Hoffnung, in Dahlem bald einige weitgespannte Experimentaluntersuchungen durchführen zu können, die sich mit der Leitung eines großen Universitäts-Unterrichtslaboratoriums schlecht hätten vereinigen lassen. Die Hoffnung erwies sich als trügerisch: Zunächst vertrieben uns die chemischen Bedürfnisse des Krieges aus den schönen Dahlemer Räumen und aus der rein-wissenschaftlichen Arbeit. Diese kam, nach weiteren Hemmnissen durch die Umsturzereignisse, erst im Laufe des Jahres 1919, nachdem wir nach Dahlem zurückgekehrt waren, allmählich zu ihrem Rechte.

Die erwähnten Untersuchungen galten der Chemie des Bors und Siliciums. Sie sind inzwischen soweit gediehen, daß sich über die wesentlichen Ergebnisse berichten läßt. Auf ihre *experimentelle* Seite kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Es sei nur gesagt, daß es sich um experimentelle Aufgaben besonderer Art und Schwierigkeit handelte. Die untersuchten Stoffe waren sehr mühsam und mit schlechter Ausbeute zu gewinnen, zudem leichtflüchtig und äußerst empfindlich gegen Luft, Feuchtigkeit, Hahn Fett u. dgl. Es bedurfte zunächst der Ausarbeitung eines eigenen mikropräparativen und -analytischen „*Vakuumverfahrens*“ zur Handhabung derartiger Substanzen. Luft wird dabei völlig ausgeschlossen; die Stoffe kommen nur mit Glas und Quecksilber in Berührung. Die Arbeiten, deren Einzelheiten in den letzten Jahrgängen der „*Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*“ nachzulesen sind, stellten erhebliche Ansprüche an Platz, Zeit und Geldmittel. Bei den traurigen Verhältnissen, unter welchen die Experimentalwissenschaft in Deutschland leidet, hätten sie sich nirgends anders vornehmen lassen als in einem Forschungsinstitut, dem einsichtsvolle Hilfe der Industrie die drückendsten Sorgen fernhält.

Bor und Silicium sind im periodischen System der Elemente die Nachbarn des Kohlenstoffes, dessen Chemie mit ihrem unerschöpflichen Reichtum an Reaktionen und Stoffen bekanntlich die Grundlage des organischen Lebens bildet. Im Gegensatz zur bunten „organi-

schen“ Chemie sah die Chemie des Bors und des Siliciums bisher höchst eintönig aus. Beim Kohlenstoff: an die zweihunderttausend natürliche oder künstlich hergestellte Verbindungen von größter Verwandlungsfähigkeit. Bei den beiden anderen Elementen: in der Natur allein die starre mineralische Form der Bor- und Kieselsäure und der Salze dieser Säuren, der Borate und Silikate; daneben eine kleine Zahl im Laboratorium erhaltener Verbindungen, aber auch diese fast ausnahmslos den Kohlenstoffverbindungen unähnlich. Angesichts der auf verwandten Atom-bau hinweisenden Nachbarschaft der drei Elemente im periodischen System mußte die starke Verschiedenheit im chemischen Charakter auffallen und befremden. Dies war der Grund, warum wir uns mit der Chemie des Bors und Siliciums eingehend beschäftigten.

Unsere Untersuchungen haben nun ergeben, daß jene Verschiedenheit lange nicht so groß ist, wie man annahm. Wir erhielten beim Bor wie beim Silicium neue Verbindungstypen, welche die Chemie beider Elemente in wesentlich anderem Lichte erscheinen lassen als bisher. So, um nur einige besonders charakteristische von den isolierten Stoffen zu erwähnen, beim *Silicium*: die den gesättigten Kohlenwasserstoffen CH_4 bis C_6H_{14} entsprechende Reihe der Hydride SiH_4 , Si_2H_6 , Si_3H_8 , Si_4H_{10} , Si_5H_{12} und Si_6H_{14} . Ferner die — bisher ganz unbekannten — einfachmolekularen Verbindungen von Silicium mit Wasserstoff-Sauerstoff und mit Wasserstoff-Stickstoff; z. B. das bei 52° siedende $(\text{SiH}_3)_3\text{N}$, das Analogon des Trimethylamins $(\text{CH}_3)_3\text{N}$, das gasförmige $(\text{SiH}_3)_2\text{O}$, das Gegenstück des Dimethyläthers $(\text{CH}_3)_2\text{O}$, und das in monomerer, flüchtiger Form nur vorübergehend existierende $\text{SiH}_2(\text{O})$, welches dem Formaldehyd $\text{CH}_2(\text{O})$ entspricht und sich wie dieser, jedoch weit schneller und stärker, zu festen, äußerlich kiesel säureähnlichen Produkten polymerisiert. Schon diese wenigen Beispiele zeigen, daß es auch in der Siliciumchemie ein Gebiet gibt, welches der Kohlenstoffchemie gleicht. Allerdings ist sein Umfang nur sehr klein. Die große Affinität des Siliciums zum Sauerstoff und die ungeheuer starke Polymerisationsneigung der oxy-

dischen Verbindungen drängen, die Siliciumchemie in die eine Richtung zur Kieselsäure. In dieser Form kann darum das Element auch nur in der Natur vorkommen. Jene an organische Verbindungen erinnernden Substanzen sind vergängliche Kinder des Laboratoriums.

Die Borchemie, die bisher von der Forschung sehr stiefmütterlich behandelt worden war, brachte eine große Überraschung: Sie erwies sich als keineswegs so dürftig, wie man bis jetzt glauben mußte. Schon die ersten Schritte auf diesem Neuland schenken uns die Bekanntschaft mit vielen sonderbar zusammengesetzten, reaktionslustigen Hydriden. B_2H_6 , B_4H_{10} , B_5H_9 , B_6H_{10} , $B_{10}H_{14}$ u. a., mit sauerstoff-wasserstoffhaltigen Verbindungen verschiedenster Art und mit einer Fülle merkwürdiger Reaktionen. In ihrer Vielseitigkeit erinnert die Borchemie offenbar an die Kohlenstoffchemie. Doch auch sie ist an das Laboratorium gebannt. Wie es scheint, werden sämtliche Borverbindungen durch Wasser mehr oder minder schnell in Borsäure verwandelt. Diese muß daher auf unserer wasserreichen Erde die einzige natürliche Erscheinungsform des Bors sein.

Durch die nun gewonnenen Einblicke in die Chemie des Bors und Siliciums werden auch die Beziehungen zwischen den chemischen Eigenschaften des Kohlenstoffes und der übrigen Elemente beleuchtet. Man erkennt jetzt deutlich die besondere chemische Verwandtschaft zwischen dem Kohlenstoff und den drei Elementen Bor, Silicium und Stickstoff, welche ihm im periodischen System am nächsten stehen. Unzweifelhaft zeigt die Chemie dieses Element-Kleeblattes die meisten Anklänge an die organische Chemie. Andererseits weist der Kohlenstoff ausgesprochene Ähnlichkeiten mit seinen drei Nachbarn auf. Was in ihnen an *vereinzelt* chemischen Fähigkeiten steckt, *vereinigt* sich in ihm zu höchster Vollendung und Harmonie.

Beim Bor und Silicium überwiegt die Sauerstoff-Affinität, beim Stickstoff die Wasserstoff-

Affinität. Beim Kohlenstoff sind Wasserstoff- und Sauerstoff-Affinität *etwa gleich*; seine Fähigkeit, Wasserstoff und Sauerstoff nebeneinander in wechselndsten Verhältnissen und Formen zu binden — es sei an den Formaldehyd, die Kohlehydrate, die Fette erinnert — ist von der höchsten Bedeutung für die organische Welt. — Mit dem Stickstoff teilt der Kohlenstoff die Flüchtigkeit der natürlichen einfachen Verbindungen. Wie beim Stickstoff das Ammoniak, so ist beim Kohlenstoff das Kohlendioxyd die Ursache eines dauernden chemischen Kreislaufes: Nach seinen Irrfahrten im Pflanzen-, Tier- und Menschenkörper erscheint der Kohlenstoff immer wieder als Kohlendioxyd und dringt in dieser flüchtigen Gestalt überallhin, wo neue chemische Abenteuer seiner warten. — Bor und Kohlenstoff gleichen sich in der Fähigkeit, die eigenen Atome in großer Zahl zu beständigen Molekülgebilden, zu „Ketten“, „Ring“ usw. aneinanderzureihen. — Wie das Silicium besitzt der Kohlenstoff die Kunst, kleine Moleküle zu nichtflüchtigen größeren zu polymerisieren (Formaldehyd → Zucker → Stärke → Zellulose u. dgl.).

Die Beispiele ließen sich leicht vermehren; es bietet besonderen Reiz, die Vergleichung auf die Einzelheiten bestimmter Reaktionen und Verbindungen auszudehnen. Eine solche Vergleichung wird tiefe Bedeutung gewinnen, wenn man erst weiter in die Zusammenhänge zwischen dem Bau und den chemischen Eigenschaften der Atome eingedrungen ist.

Jedenfalls steht fest: der chemische Charakter des Kohlenstoffes ist wohl *dem Grade nach*, aber nicht *grundsätzlich* verschieden von demjenigen anderer Elemente. Die „Lebenskraft“ der organischen Chemie, an deren geheimnisvolles Wirken noch Liebig glaubte, erklärt sich durch die harmonische Vereinigung vieler sonst nur getrennt auftretender chemischer Fähigkeiten, eine Vereinigung, welche sich bloß an der einen, eben vom Kohlenstoff besetzten, Stelle des periodischen Systems findet.

Seetypen.

Von August Thienemann, Plön.

Wenn jeder Binnensee mit seiner gesamten Bewohnerschaft eine Einheit bildet, so liegt es nahe, diese Einheiten auf ihre verbindenden oder unterscheidenden Merkmale hin zu untersuchen und so „Seetypen“ aufzustellen, ein Bestreben, das sich in der hydrobiologischen Wissenschaft seit einiger Zeit bemerkbar macht. Und da es vor allem die Lebensverhältnisse sind, die die Grundlage für eine solche Klassifizierung abgeben, so sind es „biologische Seetypen“, deren scharfe Herausarbeitung eine der Hauptaufgaben der vergleichenden biologischen Seenkunde ist.

Voraussetzung für solches Vorgehen ist die wirkliche „Einheit“ jedes Sees, und diese ist nur dann vorhanden, wenn einmal eine innige Korrelation zwischen allen Lebensgemeinschaften eines Sees und weiterhin eine engste Wechselwirkung zwischen der Gesamtbioönose des Sees und ihrem Lebensraum besteht. Beides ist tatsächlich der Fall, und die Verknüpfung sowohl der Einzelbioönosen untereinander wie die wechselseitigen Beziehungen zwischen Lebewelt und Lebensraum des ganzen Sees sind vor allem durch die ernährungsphysiologischen Verhältnisse, den Gesamt-

stoffwechsel bedingt. Und so ist der See wirklich eine organische Einheit, ein Mikrokosmos, ein Organismus höherer Ordnung.

Es stellen sich indessen dem Versuche der scharfen Formulierung biologischer Seetypen Schwierigkeiten entgegen, die aus drei Quellen entspringen.

1. Die Korrelationen zwischen den Seebiozöten und zwischen Seelebewelt und Lebensraum sind nicht durchgehends feste. So kann bei überaus ähnlichen littoralen Verhältnissen zweier Seen das Plankton grundlegende Verschiedenheiten aufweisen. Die Kurve der sommerlichen Sauerstoffschichtung kann in nährstoffreichen Seen mit klarem Wasser den gleichen Charakter haben wie in braunen Humusseen, wird aber im ersten Fall bedingt durch das absinkende und absterbende Plankton, im zweiten durch die suspendierten Humusteilchen. Seen mit Faulschlammbildungen in der Tiefe können ebenso wie solche mit Torfschlammablagerungen die gleiche Tiefenchironomide *Chironomus plumosus* als Charaktertier des Profundals aufweisen usw. Wie autökologisch die Anpassungsfähigkeit einer jeden Organismenart eine andere ist — eine Tatsache, die natürlich in inneren organischen Gesetzmäßigkeiten ihren Grund hat, also physiologisch bedingt ist —, so sind synökologisch die Beziehungen zwischen Umwelt und Biocönose verschieden eng. Diese Verschiedenheiten kommen zum Ausdruck in der Art und Weise der Zusammensetzung der Biocönosen. Gemeinsame Organismenarten bezeichnen lockere Bindungen dieser Arten und ihrer Biotope bzw. bestimmte Milieufaktoren, spezifische Organismenarten weisen auf enge Verknüpfung hin. Der eigentliche, tiefste, innerste Grund, auf dem die Schwierigkeit der Lösung des Problems der räumlichen Verbreitung bestimmter Einzelorganismen beruht, liegt in der verschiedenartigen Anpassungsfähigkeit jedes Organismus jedem einzelnen verbreitungsregulierenden Faktor der Umwelt gegenüber: die höhere Stufe des Verbreitungsproblems, die synökologische, d. h. das Problem der räumlichen Verteilung der Biocönosen, wird hierdurch natürlich erst recht kompliziert!

2. Der alte Satz, daß die Natur keine Sprünge macht, gilt selbstverständlich auch für die Seen. Auch hier zeigen sich kontinuierliche Reihen. Deshalb greifen wir auch nur einzelne „Typen“, „Normalfälle“, „Extreme“ heraus, die in der Natur durch Mittelglieder verbunden sind, die aber die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Zusammenhänge in besonders klarer und anschaulicher Weise erkennen lassen.

3. Die Hydrobiologie ist eine junge Wissenschaft, und das gilt besonders für die vergleichende biologische Seenkunde, der sich erst in den letzten Jahren ein intensiveres Interesse der Forscher zugewandt hat. Was wir an positiven Ergebnissen auf diesem Gebiete haben, ist daher noch nicht allzuviel. Doch sieht man schon die

allgemeinen Umrisse des Gesamtbildes, in das weitere Forschertätigkeit die Einzelheiten einzuzeichnen hat. Wir entwerfen also gleichsam ein Programm für die Fortentwicklung und Durcharbeitung unseres Problems.

Die Wege, auf denen wir zur Aufstellung solcher Seetypen gelangen, liegen klar vor uns: alle biologischen und alle „abiologischen“ Eigentümlichkeiten der Seen sind zu benutzen. Das ist indessen bei den geringen tatsächlichen Unterlagen schwer, ja oft unmöglich. Man muß eine Auswahl treffen, und das bringt natürlich ein subjektives Moment in die Arbeit hinein. Man wird also bestrebt sein, die wichtigsten Faktoren zu berücksichtigen. Wichtig aber sind für unseren Zweck alle die, die in engem Zusammenhang untereinander stehen. Und je tiefer wir in das Problem eindringen, um so kleiner wird die Zahl der Faktoren, die wir in den allgemeinen Zusammenhang nicht eingliedern können. Die Methode, die bei der Bearbeitung unseres Problems anzuwenden ist, ist die vergleichende Beobachtung in der freien Natur; experimentelles Studium einzelner Faktoren kann, wie vor allem Einar Naumanns Untersuchungen zeigen, Klärung und Vertiefung bringen.

Ausgehend von hydrobiologischen Studien in den Maaren der Eifel, habe ich mich seit einer Reihe von Jahren mit der Frage der biologischen Seetypen beschäftigt; von ganz anderer Seite her trat Einar Naumann an das gleiche Problem heran, und daß sich unsere Anschauungen in wesentlichen Punkten decken, habe ich kürzlich („Biologische Seetypen und die Gründung einer Hydrobiologischen Anstalt am Bodensee“, Archiv f. Hydrobiologie XIII, 1921, Sep. 1920) gezeigt. Aber weiteres Durchdenken der Frage, neue eigene Untersuchungen, Berücksichtigung neuer schwedischer Literatur und mancherlei Anregung, die ich meinem Briefwechsel mit E. Naumann verdanke, veranlassen mich, die Charakteristika der drei Seetypen, die ich unterscheide, hier noch einmal in Kürze zusammenzustellen. Betonen will ich aber noch einmal scharf, daß es „Typen“ sind, die in der Natur durch Übergänge verbunden sind, und daß unsere noch recht lückenhaften Kenntnisse (vor allem der Humusgewässer) es mit sich bringen, daß unsere Darstellung nur eine schematische und programmatische sein kann. Es würde mich freuen, wenn auch andere Hydrobiologen dem interessanten Problem der Seetypen ihre Aufmerksamkeit und Forscherarbeit zuwendeten.

Zwei Hauptgruppen von Seen kann man unterscheiden, Klarwasserseen und Braunwasserseen; sie unterscheiden sich durch den Gehalt des Wassers an gelösten Humusstoffen, der bei jenen höchstens ein ganz minimaler ist, bei diesen dagegen ein sehr großer. Es ist also ein fast qualitativer Unterschied bei beiden Gruppen vorhanden. Bei den Klarwasserseen ist der Seeschlamm der Tiefe nie als Torfschlamm oder Dy-

entwickelt, bei den Braunwasserseen ist er stets Torfschlamm, Dy.

Die Klarwasserseen umfassen zwei „Typen“:

1. den *oligotrophen Typus* (von mir bisher als „subalpiner“ bezeichnet, doch nehme ich jetzt, um Mißdeutungen zu vermeiden, die aus dem geographisch klingenden Ausdruck sich ergeben könnten, Naumanns Bezeichnung „oligotroph“ an). Sein Hauptcharakteristikum ist die Armut des Wassers an Pflanzennährstoffen. Im Winter wie Sommer ist keine scharfe Sauerstoffschichtung vorhanden. Der Seeschlamm ist arm an organischen Stoffen, kein Faulschlamm.

2. den *eutrophen Typus* (= „baltischer Typus“): Wasser reich an Pflanzennährstoffen; im Sommer in tieferen Seen stets scharfe Sauerstoffschichtung mit Parallelität der O₂- und Tp-Kurve; diese durchs Plankton bedingt. Unter Eis nur in flacheren Seen O₂-Schwund in der Tiefe. Seeschlamm ein typischer Faulschlamm (Gyttja).

Von den Braunwasserseen ist bisher nur ein Typus bekannt:

3. der *dystrophe Typus* (= „Humusgewässer“). Naumann vereinigte die Humusgewässer mit den Seen meines „subalpinen“ Typus zu einer Gruppe, den oligotrophen Seen. Zweifellos sind beide in bezug auf die Phytoplanktonnährstoffe oligotroph, doch unterscheiden sie sich prinzipiell durch das Fehlen bzw. den reichen Gehalt an gelösten Humusstoffen. Daß dieses Moment ausschlaggebend ist, zeigen auch die weiter unten zu besprechenden Verlandungserscheinungen, die beweisen, daß Typus 1 und 2 zusammengehören, Typus 3 eine Sonderstellung einnimmt. Ich führe daher für den dritten Typus einen neuen Namen, „dystroph“ ein. Hauptcharakteristikum dieses Typus ist neben dem Reichtum des Wassers an gelösten Humusstoffen die große Menge von allochthonem, aus der Umgebung stammenden Detritus, d. h. suspendierten, ausgeflockten Humuskolloiden. Soweit bekannt, im Sommer und im Winter unter Eis stets scharfe O₂-Schichtung, die aber nicht durch das Plankton, sondern durch den allochthonen Detritus bedingt ist.

Sollten sich (und es liegen gewisse Anzeichen dafür vor) auch Humusgewässer mit O₂-Verhältnissen nach Art des subalpinen Typus finden, so würde noch ein vierter biologischer Seetypus aufzustellen sein.

Die wichtigsten Eigentümlichkeiten der drei Seotypen lassen sich wie folgt zusammenstellen:

1. *Oligotropher Typus*: Vor allem in den Alpen und Voralpen verbreitet, in Norddeutschland nur das Hauptbecken des Schaalsees hierher gehörig. Auch aus Nordamerika bekannt. Es sind tiefe Seen mit schmaler Uferbank; die Wassermasse des Hypolimnions ist im Verhältnis zu der des Epilimnions groß. Das Wasser ist relativ arm an Pflanzennährstoffen, Humusstoffe fehlen, sein Kalkgehalt wechselt. Die Wasser-

farbe ist blau bis grün, die Durchsichtigkeit groß. Suspendierter Detritus ist nur in minimalen Mengen vorhanden; der Tiefenschlamm ist arm an organischen Stoffen, fault nicht. Sommer wie Winter ist das O₂-Gefälle von der Oberfläche zur Tiefe hin gleichmäßig, das Hypolimnion ist O₂-reich, die O₂-Sättigung des Tiefenwassers geht im Sommer bis höchstens 70 (— 60) % herab.

Die geringe Breite der Uferbank bringt eine nur geringe Produktion an Littoralpflanzen mit sich, die Armut des Wassers an Pflanzennährstoffen bedingt eine nur geringe quantitative Entwicklung des Planktons. Doch ist Plankton bis in große Tiefe vorhanden, die tägliche Vertikalwanderung der Plankter weist eine große Amplitude auf. Wasserblüten sind selten. Chlorophyceen sind den Schizophyceen gegenüber vorherrschend. Die Schranke zwischen Littoral und Profundal ist nur schwach ausgeprägt und wird ausschließlich durch das Aufhören der (submersen) Vegetation gebildet. Daher ist die Tiefenfauna artenreich, sie ist an hohen O₂-Gehalt gebunden (stenooxybiont), ihre Charakterformen sind Chironomidenlarven der *Tanytarsus*-gruppe. Die *Corethralarve* fehlt stets. In quantitativer Beziehung ist die Tiefenfauna (trotz geringer Planktonproduktion) relativ reich, doch fehlen Zahlenangaben. An die Seetiefe gebundene *Coregonus*-arten sind häufig vorhanden. „Altert“ ein See des oligotrophen Typus, so geht er in den eutrophen Typus über, eine Erscheinung, die wir gegenwärtig z. B. am Züricher See beobachten.

2. *Eutropher Typus*. Vor allem im Flachland des Baltikums verbreitet, aber auch in den Alpen vertreten. Häufig in Nordamerika. Er umfaßt flachere Seen mit breiter Uferbank, bei denen die Wassermasse des Hypolimnions im Vergleich zu der des Epilimnions klein ist. Das Wasser ist reich an Pflanzennährstoffen, reich an Kalk, arm an Humusstoffen. Es ist grün (chlorophyllgrün) bis gelb- und braungrün, die Durchsichtigkeit kann ev. sehr gering sein.

Planktogener suspendierter Detritus ist reichlich vorhanden, demgemäß auch der Tiefenschlamm — ein typischer Faulschlamm (Gyttja) — reich an faulender organischer Substanz. In den tieferen Seen dieses Typus nimmt im Sommer das O₂-Gefälle im Metalimnion plötzlich stark zu, das Hypolimnion ist O₂-arm oder O₂-frei. Die O₂-Sättigung des Tiefenwassers beträgt 40—0 %, sehr selten über 40 %. Im Winter unter Eis gleichen in den tieferen Seen die O₂-Verhältnisse denen des oligotrophen Typus, in flacheren Seen tritt unter Eis in der Tiefe ein O₂-Schwund bis fast 0 % auf. Der O₂-Schwund wird hervorgerufen im Sommer durch das absinkende, absterbende Plankton und den Tiefenschlamm, im Winter durch den Tiefenschlamm. Bei der Breite der Uferbank kann sich eine reiche Littoralvegetation entwickeln, der Reichtum des Wassers an Pflanzennährstoffen bringt

eine starke Entwicklung des Planktons mit sich. Doch ist dieses auf die obersten Wasserschichten beschränkt, die Vertikalwanderung ist wenig ausgedehnt. Wasserblüten sind häufig, die Schizophyceen herrschen gegenüber den Chlorophyceen vor. Die Schranke zwischen Littoral und Profundal ist scharf ausgeprägt und vor allem durch den Wechsel der O_2 -Verhältnisse gebildet. Daher ist die Tiefenfauna arm, euryoxybiont; ihr Charaktertier ist die blutkiementragende Chironomuslarve, in Seen mit winterlichem O_2 -Schwund nur *Chironomus plumosus*, in allen übrigen außerdem *Chironomus Liebeli-bathophilus*. *Corethra* ist fast stets vorhanden. Die Menge der Tiefenfauna ist groß: bis etwa 8000 Oligochaeten + Chironomidenlarven können den Quadratmeter Bodenfläche besiedeln. Plankton und Tiefenfauna stehen oft in quantitativer direkter Abhängigkeit. Tiefencoregonen sind nur in Ausnahmefällen vorhanden. Verlandet ein See des eutrophen Typus, so wird er zum Weiher, Sumpf und Wiesenmoor.

3. *Dystropher Typus*. Dieser Typus ist bisher am wenigsten genau bekannt; er wurde nur in Schweden genauer untersucht. Er umfaßt flache Seen in mooriger Umgebung, mit nährstoffarmem, aber humusstoffreichem, kalkarmem Wasser. Dieses ist gelb bis braun, seine Durchsichtigkeit ähnlich wie beim eutrophen Typus. Groß ist die Menge des suspendierten allochthonen Detritus (Humusstoffe); der Tiefenschlamm — ein echter Torfschlamm (Dy) —,

arm an autochthonen Stoffen, reich an allochthonen Humussubstanzen.

Im Sommer ist das O_2 -Gefälle wie beim eutrophen Typus ausgebildet, im Tiefenwasser trifft man einen O_2 -Schwund bis 0 % an; die sauerstoffzehrenden Vorgänge im Tiefenschlamm sind stark. Im Winter unter Eis stets ein starker O_2 -Schwund, ev. bis 0 %. Der O_2 -Schwund wird bei diesem Typus nicht durch das Plankton, sondern den allochthonen, suspendierten und abgelagerten Detritus hervorgerufen. Die littorale Pflanzenproduktion ist gering. Auch das Phytoplankton ist quantitativ arm; es ist auf die obersten Wasserschichten beschränkt. Wasserblüten fehlen oder sind selten. Die Schizophyceen treten gegenüber den Chlorophyceen, Chrysomonadinen, Peridineen und Desmidiaceen zurück. „Schranke“ zwischen Littoral und Profundal wie beim eutrophen Typus; die Tiefenfauna noch artenärmer, eine euryoxybionte Chironomusfauna. Nur *Ch. plumosus* vorhanden, *Ch. Liebeli-bathophilus* scheint ganz zu fehlen. Ev. ist der Tiefenschlamm ganz azoisch. *Corethra* ist wohl stets vorhanden. — Meist finden sich nur 10–20 Tierindividuen pro Quadratmeter Bodenfläche. Interessant ist die Korrelation zwischen Profundal und Pelagial: stets arme Bodenfauna, Phytoplankton stets schwach entwickelt, Zooplankton aber oft reich (Ernährung durch Humusdetritus!). Tiefencoregonen fehlen immer.

Verlandet ein See des dystrophen Typus, so wird er zum Hochmoor.

Einige Ergebnisse unserer Neurosenforschung.

Von Cécile Vogt, Berlin.

„Nicht nur muß der Psychologe die Gehirnphysiologie, sondern es muß auch der Gehirnphysiologe die Psychologie studieren. Von beiden Seiten aus muß das Ding betrachtet werden und es muß auf beiden Seiten klappen — soweit natürlich es unser Erkenntnisvermögen zuläßt —, wenn die erforschbare Wahrheit erforscht werden soll.“ Dieser Anschauung *Forels* haben *O. Vogt* und ich unser ganzes Forscherleben hindurch Rechnung zu tragen uns bemüht.

Schon gleich nachdem *O. Vogt* (1894) durch seinen Lehrer *Forel* mit den Tatsachen des Hypnotismus bekannt geworden war, hat er sich von diesem Standpunkt aus mit den hypnotischen Erscheinungen befaßt. Dieselben bereicherten zunächst das Tatsachenmaterial der empirischen Psychologie. Die in ihnen in stärkster Weise hervortretende Kraft der Suggestion erweiterte einerseits unser Wissen über den Einfluß der Psyche auf unser vegetatives Leben und warf andererseits neue Schlaglichter auf die Massenpsychologie. Und endlich fand *O. Vogt* in jenem hypnotischen Bewußtseinszustand, welchen er als

„systematisch eingeeengtes Wachsein“ beschrieb, eine gesteigerte Fähigkeit zur Selbstbeobachtung, wie andererseits spezielle Suggestionen Objekte für diese Selbstbeobachtung schufen.

Seit dem Beginn unserer nervenärztlichen Tätigkeit haben wir uns beide ferner vielfach mit den Neurosen (Hysterie, Zwangsneurose, Angstneurose, Perversitäten, Perversionen usw.) beschäftigt. Auch dieses geschah zum Zweck der Aufdeckung normalpsychologischer Kausalbeziehungen. Im Gegensatz zu den eigentlichen Psychosen stellen die Neurosen nur solche Verschiebungen normaler Reaktionstendenzen dar, daß wir uns noch in sie hineinzufühlen vermögen und sie daher für die Psychologie des Gesunden ausnutzen können.

O. Vogt hat zu Ende des vorigen Jahrhunderts eine Reihe seiner und unserer Feststellungen veröffentlicht. Er ist dafür von manchen „führenden“ Männern der Neurologie, Psychiatrie und Psychologie boykottiert worden und hat gutachtliche Äußerungen über sich ergehen lassen

müssen, für welche die heutige Generation wohl kaum mehr ein Verständnis haben wird.

Diese Tatsache hat uns indessen nicht von der Fortsetzung unserer Studien abgehalten und *O. Vogt* hat auch in Diskussionsbemerkungen späterer Vereinssitzungen und Kongresse über unsere weiteren Erfahrungen berichtet. Aber wir haben aus einem anderen Grunde uns doch immer mehr der Hirnforschung zugewandt. Wir wollten unsere Hauptlebensarbeit einwandsfreien Feststellungen widmen. Das phantastische Lehrgebäude, das *Freud* trotz allen Geistes der Nachwelt hinterlassen wird, ebenso wie das andere Extrem, zu welchem auf rein klinischer Basis *Babinski* in seiner Hysterielehre gelangt ist, sind für uns warnende Beispiele gewesen.

Trotzdem glauben wir eine Reihe von Tatsachen zweifelsfrei festgestellt zu haben. Über einige derselben, die für andere Gebiete der Psychologie mir nicht ohne Interesse zu sein scheinen, möchte ich kurz in einer Festschrift für den Herrn Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften berichten, welcher erst kürzlich die gemeinsame Pflege von Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften als eine der Aufgaben dieser Gesellschaft hingestellt hat.

Während die Freudianer allen hysterischen Erscheinungen (Dämmerzuständen, Gedächtnis-, Sensibilitäts- und Bewegungsstörungen; allgemeinen, Lach- und Weinkrämpfen sowie vasomotorischen Störungen; Zittern, spastischen Zuständen usw.) Gemütsbewegungen zugrunde legen, führt *Babinski* einen Teil auf Betrug und den Rest auf die Erwartung ihres Eintretens (d. h. auf Suggestion) zurück. *O. Vogt* hat schon 1909 *Babinski* geantwortet, daß man aus der Beseitigung oder Besserung der Symptome durch ein Eingehen auf die verursachenden Gemütsbewegungen die Babinskische Anschauung widerlegen könnte. Dieses Eingehen besteht unter Umständen nur in einer freiwilligen Aussprache über affektive Erlebnisse oder zu inneren Konflikten führenden Strebungen. In anderen Fällen werden die Kranken dazu genötigt. In noch anderen tobt sich der Patient in einer oberflächlichen Hypnose motorisch aus. Er zeigt alle Symptome des hysterischen Krampfanfalles mit arc de cercle und Lach- und Schreikrämpfen. Nur kann er diesen Zustand willkürlich unterbrechen. Dabei werden ihm aber die intellektuellen Substrate derjenigen Affekte, die sich in dieser Weise motorisch entladen, nicht bewußt. In einer letzten Gruppe von Fällen durchträumen unter mehr oder weniger starken motorischen Entladungen die Kranken in der Hypnose frühere, stark gefühlbetonte Erlebnisse. Wir haben die Versuchsanordnung so gestaltet, daß bei einem Teil der Kranken beim Erwachen eine Amnesie, bei einem anderen keine solche für den Trauminhalt bestand. Unser so äußerst verschiedenes Vorgehen zeitigte

bei vielen Patienten sofort eine Besserung. Dabei erfolgte es in zahlreichen Fällen in einer Form, daß der Kranke gar nicht auf eine therapeutische Absicht unsererseits schließen und so sich eine entsprechende Autosuggestion geben konnte. Da, wo eine Hypnose in Anwendung kam, hatte diese allein zuvor keinen therapeutischen Erfolg erzielt.

Zu den so zum Schwinden gebrachten Krankheitssymptomen gehörten Erscheinungen, deren Existenz von *Babinski* zu Unrecht bestritten wird, so z. B. Gesichtsfeldeinengungen, welche den Patienten selbst aufgefallen waren, derentwegen sie aber vor uns nie einen anderen Arzt konsultiert hatten. Dasselbe galt von vasomotorischen Störungen. Bezüglich der letzteren möchte ich eine Beobachtung kurz anführen.

Eines Tages beschäftigte sich *O. Vogt* zusammen mit einer Französin, die schon früher einmal unter der Idee, Krätze zu haben, eine allgemeine Urticaria gezeigt¹⁾, also eine starke Beeinflussbarkeit ihrer Vasomotoren bereits dokumentiert hatte, im Laboratorium mit der Anfertigung mikroskopischer Präparate. Er saß links von ihr. Sie tadelte in heftigen Ausdrücken die französische Regierung, mit dem zaristischen Rußland ein Bündnis eingegangen zu sein. Während dieser Unterhaltung bemerkte *O. Vogt* plötzlich, daß das linke Ohr der Patientin und ein handbreiter Streifen der linken Wange ganz rot geworden war, wie wenn die Patientin eine Ohrfeige bekommen hätte. Auf eine Frage erklärte die Patientin, daß ihr die Wange und das Ohr der linken Seite brenne. Eine Ursache könne sie nicht angeben. *O. Vogt* versetzte sie dann in sein systematisch eingeengtes Wachsein. Sie durchlebte nun eine Szene, in welcher sie das gleiche Gespräch mit einem Vetter führte, den sie einst geliebt hatte. Während des Durchlebens trat eine Zunahme der Rötung ein. Nach dem Durchleben war die Rötung etwas schwächer als vor der Hypnose. Darauf erlebte die Patientin eine zweite Szene. In Gegenwart dieses Vetters gab die zweifellos ebenfalls psychopathische Mutter auf offener Landstraße der bereits erwachsenen Tochter eine kräftige Ohrfeige auf die linke Gesichtseite. Während des Durchlebens nahm die Rötung einen bis dahin nicht erreichten Grad an, um nachher plötzlich zu verschwinden. Die Patientin wurde geweckt. Sie erinnerte sich der Vorgänge in der Hypnose. Sie erklärte, daß es sich um wirkliche Erlebnisse handelte und daß sie dieselben auch im Wachsein immer gewußt habe.

Betrachte ich nun die aufgedeckten Erlebnisse der Vergangenheit näher, so komme ich zu ganz anderen Resultaten, als *Freud* und seine Schüler: 1. sie sind nicht nur sexueller Natur, 2. sie sind bei konstitutionellen Neuropathen nicht ihrer Art und ihrer Intensität nach verschieden von den Erlebnissen normaler Menschen, 3. sie sind zumeist nicht verdrängt. Der Patient erinnert sich ihrer im Wachsein. Ist er ein guter Selbstbeobachter, so konstatiert er sogar, daß ihr Ein-

¹⁾ Ich brachte damals die Patientin dem Pariser Dermatologen *Gastou*; er stellte sofort die Diagnose einer neurotischen Hauterkrankung.

treten ins Bewußtsein die Krankheitserscheinung hervorruft oder wenigstens steigert. 4. Statt einer Verdrängung findet man meist das Gegenteil: ein Nichtvergessenkönnen. Der Kranke erklärt spontan, er denke zu viel an diese Vorkommnisse, er könne sie nicht vergessen. Ich habe diese Erscheinung als *Dysamnesie* bezeichnet. In dieser Dysamnesie haben wir außerhalb der Hysterie auch den Schlüssel für Idiosynkrasien, Perversionen und Perversionen. So haben einige Gymnasiasten derselben Perversion gefrönt. Als Studenten vergessen die übrigen diese Erlebnisse und werden spontan normal. Einer, der sich allgemein durch das Nichtvergessenkönnen irgendwelcher affektvoller Erlebnisse als Dysamnestiker erweist, bedarf dazu der ärztlichen Hilfe. Dagegen können wir *Freud* und *Bleuler* in einem Punkte vollständig folgen. Nicht nur ein gleichzeitiges oder unmittelbar sukzessives Erleben führt zu Assoziationen, sondern auch die Affekte haben eine „große assoziierende Kraft“. Unangenehme Erlebnisse des verschiedensten Inhalts vereinigen sich zu jenen „Komplexen“, für welche wir bei den Neurotikern — soweit sie nicht durch von ihnen ausgelöste Dämmerzustände „bewußtseinsunfähig“ werden — eine so weitgehende Dysamnesie zu einem ganz übertriebenen „monoideistischen“ Vorhandensein im Bewußtsein führen.

Fragen wir nun nach der Ursache der Dysamnesie, so liegt sie nach unseren Feststellungen in der Unmöglichkeit einer genügenden Entladung der durch das affektive Erlebnis geschaffenen psychophysischen Spannung. Die erstere erfolgt normalerweise durch Änderungen der Bewußtseinslage mit Einschluß einer aktiven oder passiven Verdrängung, durch eigene oder fremde Korrektur zu inneren Konflikten führender Gedankengänge, durch Ausdrucksbewegungen, Aussprache und reaktive Handlungen. Der konstitutionelle Psychopath bedarf von vornherein dieser Sicherheitsventile mehr als der Normale. Aber auch der Normale verfügt — wie uns der Krieg und schon vorher der Unfall gelehrt haben — bei genügend affektstarken Erlebnissen nicht über hinreichende Sicherheitsventile. Dann entsteht die Neurose. Ich will dieses mit einem sehr einfachen und durchsichtigen Beispiel belegen.

Ein Herr, dessen Herz immer ein *locus minoris resistentiae* gewesen war, der aber nie früher und auch nie später einen Anfall von Tachykardie gehabt hat, mußte eines Abends eine schwere Beleidigung über sich ergehen lassen, ohne seinem Unmut darüber Ausdruck geben zu können. In der Nacht bekommt er einen stundenlangen schweren Anfall von Tachykardie. Hernach denkt er bedeutend ruhiger über diese Beleidigung. Der Affekt hatte einen anormalen Weg der Entladung gefunden.

Die oben erwähnten Sicherheitsventile sind in der Kindheit noch nicht genügend entwickelt oder ausnutzbar. Damit hängt es zusammen, daß Erlebnisse dieses Lebensalters ganz besonders zur

Bildung von Komplexen führen. Die assoziierende Kraft der Affekte hat ferner zur Folge, daß später stark gefühlsbetonte Erlebnisse frühere Komplexe wecken und damit durch letztere determinierten Krankheitserscheinungen zum Durchbruch oder zum Wiederauftreten verhelfen können.

Meine Auffassung, daß vornehmlich die Dysamnesie, d. h. ein krankhaftes Nichtvergessenkönnen der Komplexe, und nicht ihr Verdrängtsein die Neurosen hervorruft, wird durch die Therapie bestätigt. Bei allen Formen Freud'schen Heilverfahrens, das durch eine Aufhebung der Verdrängung Dauerheilungen erzielen will, erleben wir Rückfälle. Das gilt auch von der intensivsten Form, dem affektbetonten Durchträumen in der Hypnose, dem sogenannten Abreagieren mit späterer Erinnerung, während andererseits — wie ich schon oben betonte — eine starke Affektentladung in der Hypnose ohne Bewußtwerden des intellektuellen Substrats ebenso wie viele, weniger eingreifende psychotherapeutische Maßnahmen Dauerheilungen zur Folge haben können. Dem Einwand *Franks*, daß bei nur vorübergehenden Erfolgen des Abreagierens der letzte pathogene Komplex nicht aufgedeckt sei, muß ich auf Grund meiner Erfahrungen auf das entschiedenste widersprechen. Das Abreagieren bedeutet die stärkste Form einer momentanen Affektentspannung. Es führt aber nur da zur Dauerheilung, wo die im Moment geschaffene, annähernd normale psychophysische Konstellation durch Gewohnheit oder Autosuggestion fixiert und durch neue Affekte nicht wieder gestört wird.

Genau wie Gewohnheit und Autosuggestion hier einen Komplex hinfort hemmen, können sie ihn in anderen Fällen unterhalten. So werden bei den chronischen Neurosen zunächst affektiv bedingte Symptome später oft mehr und mehr durch diese Faktoren erhalten oder gesteigert. Dabei ist die als solche ein — wenigstens fast — rein intellektuelles Phänomen darstellende Suggestion um so wirksamer, je mehr sie selbst mit einem starken Gefühl verbunden ist. Ja, eine solche kann vielfach ohne Komplexe pathogen wirken.

Diese Feststellungen haben zunächst Bedeutung für die *Psychotherapie*. Wir müssen uns bei der Behandlung unserer Kranken vergegenwärtigen, daß wir vorhandene Komplexe in sehr verschiedener Weise unschädlich machen können. So vermag man z. B. eine Perversion durch eine allmähliche Anerkennung eines Lustgefühls bei der Kontrasthandlung zu beseitigen. Vor allem müssen wir aber der Tatsache gerecht werden, daß Gewohnheit und noch mehr affektbetonte Autosuggestionen pathologische Komplexwirkungen mehr und mehr allein unterhalten, daß affektbetonte Autosuggestionen allein pathogen wirken können, und daß endlich in der Privat-

praxis speziell die angstbetonten Autosuggestionen, die *Nosophobie*, die Hauptrolle spielen. Diese Tatsache wird auch durch meine Beobachtung der Heilerfolge anderer Kollegen voll und ganz bestätigt. Ich habe Gelegenheit gehabt, eine Reihe hervorragender Nervenärzte der verschiedenen Länder Neurotiker behandeln zu sehen. Ich habe außerdem entweder vorher oder nachher Kranke untersuchen können, welche in der Behandlung solcher gewesen waren. Aus allen meinen Beobachtungen habe ich den Eindruck gewonnen, daß es nicht in erster Linie die verschiedene Form des therapeutischen Vorgehens, sondern die Persönlichkeit des Arztes war, welche den Grad des Heilerfolges bedingte. Mochte der Arzt ein begeisterter Vertreter einer physikalischen Therapie sein, mochte er — wie *Forcl. van Renterghem*, *Wetterstrand* — die Hypnose bevorzugen, mochte er — wie *Dubois* — die moralisierende oder — wie *Babinski* — eine mehr mit Schärfe gepaarte Persuasion, mochte er — wie *Frank* — das Abreagieren oder mochte er — wie *Freud* und seine zahlreichen, heute meist von ihm in Bann getanen Schüler — irgend eine Form der sogenannten Psychoanalyse anwenden: ein Erfolg ist nach meiner Erfahrung immer nur da eingetreten, wo der Kranke von dem Heilwert der Behandlungsmethode seines Arztes innerlich überzeugt war und auf Grund dieser Überzeugung die Angst vor seinen Krankheits-symptomen verlor.

Meine Feststellungen haben aber auch einen pädagogischen Wert. Ich habe darauf hingewiesen, daß das Jugendalter zur Komplexbildung besonders neigt. Es ist Sache des Erziehers, solche Komplexe zu schaffen, welche als Kraftquellen für eine spätere Betätigung der Zöglinge im Sinne des Erziehers dienen können. Ich will hier an eine, von dem heutigen preußischen Kultusminister, Herrn *Haenisch*, veröffentlichte Selbstbeobachtung erinnern. Er war nach seinen eigenen Angaben in den ersten Tagen des Krieges von schwersten Gewissensqualen geplagt, bis dann ein Mitsingen eines 20 Jahre hindurch von ihm als verboten empfundenen patriotischen Liedes die ersehnte Befreiung schuf. Wie ist dies psychologisch zu erklären? Herr *Haenisch* hat eine nationale Kindererziehung durchgemacht, er hat aus seiner Jugend einen patriotischen Komplex. Er hat diesen zwei Jahrzehnte hindurch auf intellektuellem Wege zu korrigieren versucht: er war ein „intellektueller Internationaler“ geworden. Die ungeheure Gemüterschütterung, die der Ausbruch des Krieges ihm brachte, weckte den alten Kindheitskomplex und verhalf diesem zum Durchbruch. An diesem psychologischen Phänomen ist überhaupt — ich will dabei gar kein Werturteil abgeben — die sogenannte „zweite Internationale“ zugrunde gegangen.

Endlich aber müssen alle diejenigen, welche auf Massen einwirken wollen, die obigen Aus-

führungen beherzigen. Kein deutscher Politiker wird mit der französischen Nation eine Verständigung erreichen, der nicht der starken Dysamnesie dieses Volkes Rechnung trägt. Ferner wird man nur da Wirkungen auf die Masse erzielen, wo man an die in ihr vorhandenen Komplexe anknüpfen kann. Es bedarf zu diesem Zweck einer psychischen Einfühlung. Und endlich hat auch die Tatsache, daß ein Vertrauen zum Arzte Vorbedingung psychotherapeutischer Erfolge ist, ihre Bedeutung für die Massenpsychologie. Auch Wirkungen auf die Masse setzen voraus, daß man ihr Vertrauen gewonnen hat.

Für die allgemeine Psychologie endlich bilden meine Ausführungen eine Bestätigung der Lehre von der assoziativen Kraft der Gefühle. Ihre normal-psychologische Hauptbedeutung gehört aber noch der Zukunft. Wir dürfen gerade von den pathologisch starken Gefühlswirkungen, welche wir bei den Neurotikern beobachten, hoffen, daß sie uns die heute noch wenig geklärten Mechanismen der Gefühlswirkungen erkennen lassen werden. Ich habe oben schon drei Gruppen unterschieden: 1. Änderungen der zentralen Erregbarkeitsverhältnisse, die teilweise wohl eng mit der ihrem Wesen nach auch noch nicht aufgeklärten Schlafhemmung verwandt sein dürften, 2. motorische Entladungen, für die ich teilweise wohl schon heute auf Grund meiner pathologisch-anatomischen Erforschung der Erkrankungen des striären Systems¹⁾ sagen darf, daß sie unter Hemmung des Striatum über das Pallidum gehen, und 3. Enthemmungen tieferer Reflexe, z. B. pallidärer und subpallidärer¹⁾, die eine vorübergehende Hemmung der höheren Zentren („Bewußtseinsstörung“) zur Voraussetzung haben, eine Voraussetzung, die auch z. B. *O. Binswanger* als Bedingung für eine akute Hysterisierung annimmt. Endlich dürfen wir von diesen stärksten Gefühlswirkungen, wie sie uns die Neurosen bieten, für die Zukunft einen tieferen Einblick in das Wesen der Gefühle erwarten.

Ich habe zu Beginn meiner Ausführungen darauf hingewiesen, daß wir nur von einer vereinten naturwissenschaftlichen und psychologischen Forschung die Klärung des Erkennbaren erwarten dürfen. Das gilt insbesondere von dem äußerst schwierigen Gebiete der Gefühlspsychologie. Ich sehe einen hinreichenden Lohn für unsere vieljährigen, mühevollen Arbeiten darin, daß wir schon heute eine erste Brücke zwischen

1) Vgl. über die wegen Mangels an Raum hier nicht näher zu schildernden Befunde und die aus ihnen gezogenen Schlußfolgerungen: *C. und O. Vogt*, Zur Kenntnis der pathologischen Veränderungen des Striatum und des Pallidum und zur Pathophysiologie der dabei auftretenden Krankheitserscheinungen, Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Abt. B, 14, Abhandlung, 1919, und *C. und O. Vogt*, Zur Lehre der Erkrankungen des striären Systems, Journal für Psychologie und Neurologie, Band 25, Ergänzungsheft 3, Leipzig 1920.

unserer topistischen (hirnlokalisatorischen) Forschung und dem Mechanismus der Gefühlswirkungen schlagen können. Wir erwarten für die Zukunft von dieser Vereinigung von Hirn- und

Neurosenforschung weitere Einblicke, wenn wir nur schärfste Kritik gegenüber dem momentanen Tatsachenmaterial, aber einen kühnen Optimismus für die Zukunft bewahren.

Ergebnisse der Analyse gewisser Merkmale einiger Insektengattungen.

Von Oskar Vogt, Berlin.

Nur durch Wechsel der Beschäftigung kann der Geistesarbeiter eine höchste *Gesamtleistung* erreichen. Er nutzt hierbei nicht bloß die gegenseitige Wechselbefruchtung aus, welche auch zwischen entferntesten geistigen Betätigungen besteht, sondern er gewährt vor allem den an der einzelnen Tätigkeit beteiligten Hirnzentren die nötige Erholung. In einem solchen mit einer überragenden Arbeitskraft und einer seltenen Vielseitigkeit der Begabung gepaarten Wechsel der Arbeitsart sehe ich deshalb auch das Geheimnis der großen Erfolge unseres heutigen Jubilars.

Der Vorteil eines solchen Wechsels hat auch mich veranlaßt, nicht zwischen der Pflege der beiden Probleme, welche mich von jeher am meisten beschäftigt haben, des Entwicklungs- und des Leib-Seele-Problems, zu wählen, sondern mich in meinen „Erholungs“zeiten mit dem ersteren zu beschäftigen. Hiervon möchte ich im folgenden berichten, nachdem ich erst jüngst an anderen Orten die Resultate meiner zusammen mit C. Vogt unternommenen Hirnforschung geschildert habe.

Der Kernpunkt des *Entwicklungsproblems* ist die Frage nach der *Entstehung vererbbarer Eigenschaften*.

Bei dieser Frage sind zunächst solche Krankheiten auszuschalten, welche dadurch übertragen werden, daß der Krankheitsträger auf den Keim übergeht. Hier handelt es sich eben nicht um wirklich erbliche neue Eigenschaften.

Weiter bilden diejenigen erblichen Merkmale eine besondere Gruppe, welche durch eine *unmittelbare* Einwirkung auf den Keim in seiner frühesten Entwicklung entstanden sind. Diese durch *direkte Beeinflussung* des Keimplasmas hervorgerufenen neuen erblichen Eigenschaften haben sicher in der Form von Keimesschädigungen eine große medizinische Bedeutung. Wieweit sie aber für die weitere Differenzierung der Lebewesen, das wesentlichste Merkmal der Entwicklung, eine Rolle spielen, hängt von der Existenz und dem Umfang einer *somatogenen* Vererbung (*Semon*) ab. Hier handelt es sich zunächst darum, ob und wieweit das Vorhandensein von Organen bei den Eltern ihre Wiederentstehung bei den Nachkommen beeinflusst (*Semons morphogene* Form der somatogenen Vererbung). Sodann kommt der Einfluß des Übens oder Nichtübens gewisser Eigenschaften auf ihre Ausbildung bei der Nachkommenschaft in Frage (*Semons funktionelle* Form der somatogenen Vererbung). Vor allem

handelt es sich aber darum, ob und in welchem Umfange Veränderungen vererbbar sind, die das Individuum durch Einflüsse des Milieus erfahren hat (wobei diese Veränderungen evtl. latent sein können), ohne daß die betreffenden Milieueinflüsse als unmittelbare Reize die Keimzellen getroffen haben (*Semons ektogene* Form der somatogenen Vererbung). Die beiden letzteren Formen der somatogenen Vererbung sind in der Literatur bisher meist unter dem Begriff der *Vererbung erworbener Eigenschaften* zusammengefaßt.

Während *Lamarck*, *Darwin*, *Haeckel* u. a. Vererbung erworbener Eigenschaften als etwas Selbstverständliches angenommen hatten, hat sich vor allem *Weismann* (seit 1883) gegen diese Auffassung gewandt (nachdem *His* schon 1874 eine derartige Vererbung bestritten hatte), und zwar mit der Begründung, daß wir uns den Modus einer solchen Vererbung nicht vorstellen könnten und sie deshalb bis zum Beweise des Gegenteils leugnen müßten. *Weismann* hat dann im einzelnen experimentell gezeigt, daß grobe Verstümmelungen an Säugetieren — wie sie z. B. durch das Abschneiden von Schwänzen hervorgerufen werden — nicht vererbbar sind. Er hat ferner durch seine zahlreichen Nachweise der nicht zwingenden Erklärung für Einzelfälle, die von anderen Autoren als Beweise für die Vererbung erworbener Eigenschaften angeführt wurden, uns zur Vorsicht erzo-gen, nicht ohne weiteres überall da, wo Nachkommen bei den Eltern zuerst in Erscheinung getretene Eigenschaften zeigen, eine Vererbung erworbener Eigenschaften anzunehmen.

Andererseits muß derjenige, der sich mit der Anatomie der Gelenke befaßt, oder die äußerst komplizierten Instinkte mancher Insekten studiert, an der Möglichkeit zweifeln, daß die „Allmacht der Naturzüchtung“ diese weitgehenden Anpassungen ausschließlich aus nicht somatogenen Keimesvariationen hervorgerufen haben sollte. Dazu kommt noch, daß wir wenigstens für eine ganze Reihe von Eigenschaften — z. B. für die Färbung oder die Skulptur der Insekten — nicht den geringsten Selektionswert nachweisen können. Es bleibt auf alle Fälle unbefriedigend, diese Tatsache entweder auf unsere Unkenntnis oder den Fortbestand einstmals nützlicher Eigenschaften zurückzuführen.

Es haben deshalb auch dauernd Autoren, und unter ihnen unsere hervorragendsten und kritisch-

sten Morphologen *C. Gegenbaur* und *M. Fürbringer*, an der Vererbung erworbener Eigenschaften festgehalten, und es ist daher kein Wunder, daß man nach einer Denkmöglichkeit für einen solchen Vererbungsmodus gesucht hat.

Man hat ihn durch *Hormone* erklären wollen. Ich halte diesen Weg für schwer gangbar.

Dagegen scheint mir ein anderer Versuch eine experimentelle Nachprüfung vollauf zu verdienen, nämlich derjenige *R. Semons*, im Anschluß an Ideen *E. Herings*, *Haeckels* und *Forels*, die Erbllichkeit auf ein *unbewußtes Gedächtnis* und die Vererbung erworbener Eigenschaften dementsprechend auf *Neuerwerbungen dieses Gedächtnisses* zurückzuführen.

Gerade diese Prüfung wächst in einem Hirnforschungsinstitut über den Rahmen einer Ferienarbeit hinaus. Kann doch die experimentelle Durcharbeitung des Problems der Vererbung erworbener Eigenschaften unter dem Gesichtspunkt der Semonschen Identifizierung der betreffenden Eigenschaften mit Neuerwerbungen des unbewußten Gedächtnisses nur von einer Seite in Angriff genommen werden, welche mit den Tatsachen des *bewußten* Gedächtnisses genauer vertraut ist; ganz abgesehen davon, daß sowohl die Lehre von der Entstehung (wie der Übertragungsart) vererbbarer Eigenschaften von großer Wichtigkeit für die Lehre von den Nerven- und Geisteskrankheiten ist, wobei einerseits exakte Feststellungen in bezug auf die Entstehung vererbbarer Erkrankungen des Nervensystems zur Klärung des Grundproblems beitragen können, wie andererseits die speziellen Fragen, welche das Studium der Entstehung dieser Krankheiten zeitigt, solche besonderen Experimente veranlassen müssen, welche der allgemeinen Biologie fern liegen.

Zu dieser Kernfrage des Entwicklungsproblems gesellt sich noch eine weitere: nämlich diejenige, ob der Entwicklungsmodus in der Pflanzen- und Tierwelt zur Bildung *systematischer Kategorien* führt oder ob diese Kategorien — wie es unter dem Einfluß *Darwins* bis heute vielfach behauptet wird — nur Abstraktionen des menschlichen Denkens darstellen. Auch diese Frage hat — wie *C. Vogt* und ich an anderer Stelle ausgeführt haben —, so fern sie zunächst der Hirnforschung zu stehen scheint, doch eine gewisse Beziehung zu dieser, indem von ihrer Beantwortung abhängt, ob wir auch bei den Erkrankungen des Nervensystems nach solchen realen Kategorien oder „entités morbides“ zu suchen haben. Bei einer positiven Beantwortung dieser Frage ist es wiederum nur das Experiment, welches uns über die Entstehungsart derartiger Kategorien in eindeutiger Weise aufklären kann.

Der experimentelle Weg, den ich gerade einschlagen wollte, als der Krieg ausbrach, sollte unter Anschluß an die Arbeiten *Fischers*, *Standfuß* und *Towers* in langjährigen Züchtungsversuchen von Angehörigen einzelner stark vari-

ierenden Insektengattungen unter den verschiedensten künstlichen oder ungewohnten Freizucht-Bedingungen erfolgen. Ich beabsichtigte also vor allem die Prüfung der Existenz von *Semons* ektogener Form der somatogenen Vererbung.

Diesen Experimenten mußte aber zunächst eine genaue Analyse der verschiedenen Formen der in Betracht kommenden Insektengattungen vorangehen. Es galt hier Methoden auszuarbeiten, die Eigenschaften der einzelnen Individuen zur sicheren Erkennung neu entstehender Eigenschaften möglichst genau zu erfassen.

Diese Vorarbeiten haben nun an sich zu einer Reihe interessanter Tatsachen geführt. Sie sollen uns im Folgenden beschäftigen.

1. Die Existenz Linnéscher Arten.

Eine eingehende Untersuchung großen Materials artenreicher Insektengattungen bestimmter Distrikte — z. B. die der deutschen Hummeln (*Bombus*) — lehrt, daß die Tiere sich in Kategorien teilen lassen, die keine Übergänge zueinander zeigen. Bei den Hummeln können wir dann noch weiter durch die Untersuchung von Nestern feststellen, daß als Abkömmlinge derselben Mutter immer nur Tiere beobachtet werden, die zu einer einzigen dieser Kategorien gehören. Letztere bilden die Linnéschen Arten, wenn auch erst *Fabricius* für die Heimat *Linnés* alle diejenigen Tiere unterschieden hat, welche wir heute als Linnésche Arten ansprechen.

Es fragt sich nun aber, wie wir diese charakterisieren können und worauf ihre Existenz beruht.

Ihrer Aufstellung liegt im allgemeinen totes Museumsmaterial zugrunde. Es war deshalb nichts naheliegender als — wenn auch nicht für eine Reihe von Gattungen, so wenigstens für eine einzelne Gattung — nach einer bestimmten *morphologischen* Charakterisierung der Artkategorie zu suchen. Der Grad der morphologischen Unähnlichkeit der deutschen Hummel ist aber ein sehr verschiedener und beruht auf ganz ungleichen Merkmalen, so daß eine für alle Arten geltende morphologische Charakterisierung ganz unmöglich ist. Das gilt auch speziell für die sehr kompliziert gebauten Haftzangen der Männchen. Sie sind bei manchen Arten sehr verschieden, bei anderen aber kaum voneinander unterscheidbar. Es wird so verständlich, daß immer wieder rein morphologisch arbeitende Systematiker dazu gelangen, die Artkategorie als nichts Reelles hinzustellen, und andererseits soviel Streit darüber entstanden ist, ob diese oder jene Kategorie von Tieren eine besondere Art darstelle oder nicht. Wir müssen uns eben daran gewöhnen, in den Arten keine morphologische, sondern eine *physiologische* Kategorie zu sehen.

Worauf beruht nun diese?

Zunächst könnte man daran denken, daß keine sexuelle Attraktion, die wohl hauptsächlich durch das Geruchsorgan bedingt ist, zwischen verschied-

denen Hummelarten stattfindet. Die Experimente *Standfuß* an Schmetterlingen zeigen ja, daß diese Attraktion zwischen verschiedenen Schmetterlingsarten eine stark herabgesetzte ist. Es ist aber von *Schmiedeknecht* eine Kopulation zwischen verschiedenen Hummelarten und von *Smith* sogar eine solche zwischen einer echten Hummel und einer Schmarotzerhummel (*Psithyrus*) beobachtet worden. Ich selbst habe wenigstens gesehen, wie sich das Männchen der Erdhummel um das Weibchen einer Steinhummel bemühte. Äußere Umstände hinderten mich leider, den weiteren Verlauf dieser Bemühungen abzuwarten. Jedenfalls zog in diesem Falle das Steinhummelweibchen das Erdhummelmännchen an.

So kommen wir zu dem Schluß, daß die Linnéschen Arten *relle* Kategorien sind, bei denen aus *endogenen*, in den *Keimzellen* selbst gelegenen Gründen Bastarde nur selten entstehen und nicht länger fortpflanzungsfähig sind. Es wird Sache des Experimentes sein, das Wesen dieser endogenen Unfruchtbarkeit aufzudecken. Sie mag dabei ungleichartige Gründe haben und auch verschiedene Intensitäten aufweisen.

Von besonderer Wichtigkeit wird dabei das Studium isoliert lebender geographischer Rassen sein, von denen es schwer zu sagen ist, ob sie selbständige Arten oder nur Subspezies darstellen. Wir dürfen damit rechnen, daß wir hier in der Entwicklung begriffene Spezies finden werden, die auf der einen Seite unser Festhalten an dem Entwicklungsgedanken und der Inkonstanz der Art ermöglichen, aber auf der anderen Seite in den meisten Arten fixierte Kategorien zu erblicken gestatten.

Die Untersuchung von mehr als 100 000 Hummeln hat mich dabei an Tieren *eines* Distrikts nie so extrem gefärbte individuelle Aberrationen beobachten lassen, daß ich sie nicht auf Grund der übrigen Merkmale zu einer der bekannten Arten zu stellen vermochte. Soweit hier die morphologische Grundlage eine Entscheidung gestattet, besitze ich also nicht den geringsten Beweis dafür, daß bei den Hummeln trotz ihrer großen Variabilität durch *plötzliche Mutation* (*de Vries*) neue Arten entstehen können.

2. Das Variieren innerhalb der Linnéschen Arten.

Eines derjenigen Merkmale, welches bei den Hummeln am stärksten variiert, ist die Haarfarbe. Diese Variation näher zu studieren, hat für uns deshalb eine besondere Bedeutung, weil wir auf Grund alles desjenigen, was wir von der Hummelbiologie wissen, der Haarfarbe keinen Selektionswert zuschreiben können.

a) Die Tatsache der orthogenetischen (geradlinigen) Variation.

Wenn wir die gesamte Farbenvariabilität der Hummeln betrachten, so fällt zunächst auf, daß nur eine beschränkte Zahl von Farben überhaupt in Betracht kommt. Weiter kann durchaus nicht

jede überhaupt bei Hummeln sich findende Farbennuance an jedem Körperteil auftreten. Vor allem erfolgt aber die lokalisierte Verdrängung bestimmt gefärbter Haare durch anders gefärbte in *Richtungen*, die mit einer sehr beschränkten Variationsmöglichkeit für die einzelne Art und gelegentlich sogar für eine Subspezies ganz bestimmt festgelegt sind. Die entwicklungsgeschichtlichen Spekulationen des vorigen Jahrhunderts ließen an einer beliebigen Stelle einer Blume oder eines Tieres einen Farbfleck entstehen und diesen durch Selektion größer werden. Diese Beliebigkeit existiert in der Wirklichkeit nicht.

b) Das Variieren der Hummeln in verschiedenen Regionen.

α. Regionale Divergenz.

Die meisten Hummelarten zeigen bei einer hinreichenden Ausdehnung ihrer Verbreitung in einzelnen Abschnitten dieses Gebietes eine besondere Färbung. Daß diese Färbung nicht der morphologische Ausdruck besonderer Arten ist, geht daraus hervor, daß in den Grenzzonen zahlreiche Bastarde vorkommen. Da wir diesen verschiedenen Färbungen keinen Selektionswert zuschreiben, müssen wir ihre Entstehung auf Milieureize zurückführen.

β. Regionale Konvergenz.

Die verschiedenen Hummelarten zeigen im gleichen Gebiete eine parallele Farbenvariation. Sie werden sich also in den Farben ähnlich. Dabei gibt es ebensowohl eine Distriktkonvergenz, d. h. eine Konvergenz für Hummeln des gleichen geographischen Bezirks, wie eine Altitudenkonvergenz, d. h. eine solche für verschiedene Höhen des gleichen Bezirks. Auch für diese Konvergenz kommen Milieueinflüsse meiner Ansicht nach allein in Betracht.

γ. Regionale Gradation.

Gleich gerichtete Farbenabänderungen zeigen in verschiedenen Gebieten einen ungleichen Grad. So haben einige Hummelarten auf dem italienischen Festlande gelbe Binden, weiße Hinterleibspitzen und schwarze Körbchenhaare. In Spanien haben dieselben Tiere rote Körbchenhaare. Auf Sardinien kommt dazu ein Verlust der gelben Prothoraxbinde. Auf Korsika zeigen dieselben Hummeln bei Verlust aller gelben Binden eine rote Hinterleibspitze.

Diese regionale Gradation hat für uns eine große Bedeutung. Die Milieuverhältnisse in gewissen Gegenden Korsikas werden sich nicht von denjenigen bestimmter Gegenden Sardiniens, Spaniens und Italiens unterscheiden. Wenn trotzdem in den einzelnen Bezirken nur eine bestimmte Färbung vorkommt, so geht daraus hervor, daß Milieuverhältnisse *erblich fixierte* „geographische Subspezies“ zu schaffen in der Lage sind. Außerdem können wir aus dieser regionalen Gradation feststellen, daß sich die betref-

fenden-italienischen Hummeln von den korsikanischen wenigstens durch drei Erbeinheiten unterscheiden.

c) *Das Variieren der Hummeln eines Distrikts.*
α. Über die einförmige Färbung mancher Hummelarten eines Distrikts.

So mannigfache Färbungen die geographischen Subspezies einer Hummelart zeigen, so einförmig ist diese vielfach in dem einzelnen Distrikt gefärbt. Das gilt insbesondere für Inseln und für das Hochgebirge. Diese Tatsache macht es höchst unwahrscheinlich, daß einzelne abberrierende Individuen die Grundlage für die geographische Subspezies darstellen. Durch Milieuänderung erscheint uns vielmehr die ganze Bewohnerschaft einer Gegend gleichzeitig modifiziert. Durch eine Summierung solcher relativ geringfügigen Milieueinwirkungen treten dann Unterschiede hervor, wie wir sie in den Extremen der regionalen Gradation vor uns haben.

β. Über stark variierende Spezies eines Distrikts.

In einzelnen Distrikten zeigen gewisse Hummelspezies verblüffend starke Farbenvariationen. Bringt man diese in orthogenetische Reihen und zerlegt man letztere in Variationsstufen, so ergibt sich die weitere Tatsache, daß die überwiegende Mehrzahl der Individuen in einzelnen solcher Stufen hineinfallen. Die benachbarten Stufen enthalten eine abnehmende Zahl von Individuen, bis es schließlich in der Mitte zwischen zwei solchen individuenreichen Stufen zu einer ganz individuenarmen Stufe oder direkt zu einer Lücke kommt. Es geht daraus hervor, daß eine in einem Distrikt stark variierende Art aus einzelnen mehr oder weniger gegeneinander scharf abgegrenzten „Rassen“ zusammengesetzt ist. In günstigen Fällen kann man dabei die einzelne Rasse in einen anderen Distrikt verfolgen, wo sie den einzigen nicht mehr nennenswert variierenden Vertreter der betreffenden Art bildet. Die Rasse erweist sich so als eine geographische Subspezies und dementsprechend zufolge früherer Ausführungen als durch Milieueinflüsse entstanden. Die Orte starker Variabilität einer Spezies sind solche, wo sekundär mehrere geographische Subspezies aufeinander gestoßen sind. Daß sie dabei keine gleichmäßige Mischung, sondern bei einer Einteilung in Variationsstufen eine mehrgipflige Kurve bilden, hängt offenbar mit der Dominanz der Merkmale einzelner Rassen zusammen. Ist diese Identifizierung der verschiedenen Rassen eines Distrikts mit geographischen Subspezies aber richtig, so haben wir von neuem einen Beweis für die Erblichkeit einer durch Milieueinflüsse geschaffenen Färbung vor uns, haben doch

die verschiedenen Subspezies nach ihrer Auswanderung die Färbung ihres Heimatlandes behalten!

γ. Über individuelle Aberrationen der Artangehörigen eines Distrikts.

Untersucht man aus einem Distrikt eine größere Zahl von Hummeln derselben Spezies, so begegnet man immer einigen Exemplaren, deren Färbung ganz aus der übrigen Variabilität herausfällt. Soweit diese Färbungen erblich sind, decken sie sich mit den Mutationen *de Vries*. Relativ geringfügige Abweichungen zeigen öfter eine ganz neue Art der Färbung. Stärkere Aberrationen sind mehr oder weniger mit den Färbungen anderer geographischer Subspezies identisch. Für die letzteren kann daher heute niemals behauptet werden, daß es sich nicht um Verlustmutationen handle. Nur in jenen geringfügigen Aberrationen dürften wir, wenn ihre Erblichkeit nachgewiesen wäre, den Ausdruck einer Weiterentwicklung sehen.

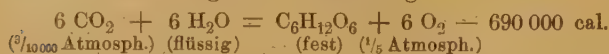
Ähnliche Feststellungen, wie ich sie im Vorstehenden an den Hummeln beschrieben habe, konnte ich für die Merkmale der Gattungen *Scolia*, *Dorcadion*, *Chrysochloa*, *Timarcha*, *Otiorynchus*, *Cetonia*, *Potosia* und eine Reihe von Tenebrionidengattungen erheben.

Aus dem so erweiterten Tatsachenmaterial folgere ich, daß *einen Selektionswert entbehrende erbliche* Eigenschaften durch Milieueinwirkungen entstehen können. Dabei dürfte die *progressive* Differenzierung in sehr *kleinen* Etappen vor sich gehen. Um diese aber sicher an entsprechenden Experimenten zu erfassen, genügt nicht die bisherige Gewohnheit der systematischen Zoologen, einzelne hervorragende Abweichungen vom „Typus“ durch Namensbenennungen auszuzeichnen, geschweige denn das Vorgehen von Männern wie *Friese* und *v. Wagner*, welche ohne genügende Literaturkenntnis und ohne jede ernste Objektstudie aus einer kleinen Sammlung systemlos ausgewählte Hummeln mit einem besonderen Namen beehren. Wir müssen zu einer, wegen Mangels an Raum hier leider nicht näher beschreibbaren, *messenden Individualanalyse* übergehen. An diese hat sich dann zunächst die experimentelle Untersuchung anzuschließen, wie weit die oben erwähnten leichten Aberrationen erblich sind. Im bejahenden Falle ist sodann mit Hilfe des Experiments zu entscheiden, ob diesen Aberrationen Keimesvariationen oder ekotogene somatogene Vererbungen zugrunde liegen, um damit eine *Genoplastik*, d. h. eine künstliche Hervorrufung neuer erblicher Eigenschaften, anzubahnen.

Theorie der Kohlensäureassimilation.

Von Otto Warburg, Berlin-Dahlem.

Die photochemische Reaktion, durch die auf der Erde Energie der Sonnenstrahlung in chemische Energie verwandelt wird, ist bekanntlich die Reduktion der Kohlensäure zur Oxydationsstufe des Kohlenstoffs. Sie verläuft im allgemeinen nach folgender Gleichung:



Die Zahl — 690 000 ist nach der Nernstschen Näherungsformel berechnet und bedeutet die Änderung der freien Energie, wenn sich der Vorgang von links nach rechts abspielt. Um also unter den gegebenen Bedingungen 1 Mol Traubenzucker zu gewinnen, müssen mindestens 690 000 cal Arbeit geleistet werden oder der 6. Teil dieses Betrages, 115 000 cal, um ein Mol Kohlensäure zu reduzieren.

Sitz der Reaktion sind Organe lebender Pflanzenzellen, die Chromatophoren, die man sich als ein festes, mit Farbstoffen durchtränktes Gerüst vorstellen mag. Wird die Struktur dieser Organe zerstört, so erlischt gleichzeitig ihre Fähigkeit, Kohlensäure photochemisch zu reduzieren. Kohlensäure, in einer Lösung der Chromatophorenfarbstoffe bestrahlt, ist beständig.

Es entsteht so die Frage, *wodurch die an dem Assimilationsvorgang beteiligten Stoffe in der lebenden Zelle reaktionsfähig werden.* Wie im folgenden gezeigt werden soll, geschieht dies durch Adsorption der Reaktionsteilnehmer an den schwermetallhaltigen Oberflächen der festen Zellbestandteile. Zerstörung dieser Oberflächen bedeutet Zerstörung der Reaktionsorte und damit Aufhebung des Assimilationsvermögens.

§ 1. Erkennung von Oberflächen- und Schwermetallkatalysen (1).

Aminosäuren, aus wässriger Lösung an der Oberfläche einer schwermetallhaltigen Kohle adsorbiert, verbrennen bei Zimmertemperatur zu den Endprodukten des Zellstoffwechsels. Hier werden die trägen organischen Stoffe durch zwei Mittel reaktionsfähig, durch die Verdichtung an der Oberfläche und durch Schwermetall. Auf denselben Prinzipien beruht die Zersetzlichkeit organischer Stoffe in lebenden Zellen. Je nachdem Schwermetall mitwirkt oder nicht, können wir in lebenden Zellen Oberflächenkatalysen und Schwermetallkatalysen an Oberflächen unterscheiden.

Eine Oberflächenkatalyse wird gehemmt, wenn wir die Reaktionsteilnehmer von den Oberflächen verdrängen. Hierauf beruht die Wirkung der Narkotika auf chemische Vorgänge in Zellen. Gleiche Wirkung durch verschiedenartige Narkotika tritt immer dann ein, wenn ein gleicher Bruchteil der wirksamen Oberflächen durch das Narkotikum bedeckt ist. Die Wir-

kungsstärke eines Narkotikums läßt sich so aus seiner Adsorptionskonstante und seinem Molekularvolumen berechnen.

Das „Reagens“ auf Oberflächenkatalysen sind chemisch indifferente Körper, die wir bis zu bestimmten Konzentrationen in den wässrigen Zellphasen auflösen. Finden wir eine Hemmung, und zwar bei gleichen Konzentrationen verschiedene, im Verhältnis der Adsorptionskonstanten zunehmende Hemmungen, so haben wir es mit einer Oberflächenreaktion zu tun.

Das Reagens auf Schwermetall ist die Blausäure, die nur schwach, etwa wie das Narkotikum Äthylurethan, adsorbiert wird. Liegt die wirksame Blausäurekonzentration c_0 in der Nähe der aus ihrer Adsorptionskonstante berechneten, so spricht nichts für die Beteiligung eines Schwermetalls. Hemmt dagegen Blausäure bei Konzentrationen, die weit unter c_0 liegen, so haben wir es mit einer Schwermetallkatalyse zu tun, die Wirkung beruht in diesem Fall auf der Bindung einer äquivalenten Menge Schwermetall. Zur Erläuterung sei ein Versuch an dem Atmungsmodell Blutkohle-Aminosäure angeführt. Um eine merkliche Menge Aminosäure von der Kohleoberfläche zu verdrängen, ist eine $\frac{1}{4}$ -normale Blausäurelösung nötig; doch genügt schon eine $\frac{1}{1000}$ -normale Blausäurelösung, um die Verbrennung der an der eisenhaltigen Kohle adsorbierten Aminosäure zu verhindern.

Von beiden Reagentien, den chemisch indifferenten Körpern und der Blausäure, werden wir bei der Analyse der Kohlensäureassimilation Gebrauch machen.

§ 2. Absorption der Strahlung.

Absorbiert ein Molekül Strahlung von der Frequenz ν , so entsteht ein um den Betrag $h\nu$ energiereicheres Molekül, das photochemische Primärprodukt. Die Lebensdauer der photochemischen Primärprodukte ist eine sehr kurze. Entweder die aufgenommene Energie leistet chemische Arbeit, sei es unmittelbar, sei es beim Zusammenstoß mit anderen Molekülen, oder sie wird (als Strahlung, Wärme) wieder abgegeben, wie im Fall der lichtechten Farbstoffe.

Die bei der Assimilation wirksamen Wellenlängen liegen zwischen 395 und 770 μ und werden in den Chromatophoren grüner Zellen von vier Farbstoffen absorbiert, den beiden grünen Chlorophyllen, dem gelben Xanthophyll und dem gelben Caroten (3). Um $h\nu$ energiereichere Isomere dieser Farbstoffe sind also die photochemischen Primärprodukte. Was ihre Betätigung anbetrifft, so genügt für das folgende die Annahme, daß sie — sei es als ganze, sei es nach vorheriger Spaltung — in chemischen Vorgängen als Reduktionsmittel wirken.

§ 3. Die Bestrahlungskurve (2).

Eine bestrahlte Zelle zersetzt im allgemeinen um so mehr Kohlensäure, je höher die Kohlensäurekonzentration und je höher die Intensität der Bestrahlung. Doch gibt es für eine bestimmte Temperatur und eine bestimmte Zellart eine Maximalgeschwindigkeit der Assimilation, die nicht überschritten werden kann, mögen Kohlensäurekonzentration und Bestrahlungsintensität noch so sehr gesteigert werden. Damit also Kohlensäure zersetzt werde, genügt nicht die Absorption von Strahlung in einem kohlensäuredurchtränkten Chromatophor, sondern es ist hier noch ein „innerer“ Faktor im Spiel (in der älteren Literatur als „Leistungsfähigkeit des Protoplasmas“ bezeichnet).

Stellen wir die Wirkung der Bestrahlung in ihrer Abhängigkeit von der Intensität der Bestrahlung graphisch dar, so erhalten wir das Bild der Fig. 1. Hier bedeuten die Abszissen die Intensitäten der Bestrahlung, die Ordinaten die

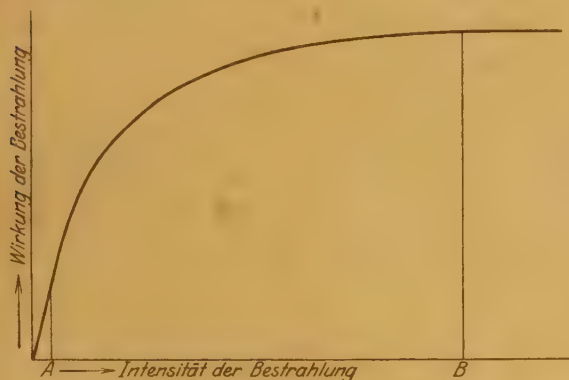


Fig. 1.

Wirkungen der Bestrahlung in willkürlichen Einheiten. Kohlensäure ist bei jeder Intensität im Überschuß. Die Kurve steigt zunächst geradlinig an, krümmt sich dann zur Abszissenachse und läuft schließlich parallel zur Abszissenachse. Es sind im besonderen zwei Intensitätsgebiete zu unterscheiden, das erste bis zum Punkte A, in dem die Wirkung der Intensität nahezu proportional ist, das zweite von dem Punkte B an aufwärts, in dem die Wirkung nahezu unabhängig von der Intensität ist. Beide Gebiete unterscheiden wir also solche „niedriger“ und „hoher“ Intensität.

§ 4. Einfluß der Temperatur.

Bei hoher Intensität der Bestrahlung wächst die Geschwindigkeit der Kohlensäurezersetzung mit steigender Temperatur, und zwar bewirkt eine Erwärmung von 15° auf 25° im allgemeinen eine Verdoppelung der Geschwindigkeit. Hier bestimmt also eine chemische Reaktion das Tempo der Assimilation; wir wollen sie nach Blackman, dem wir die ersten genaueren Temperaturversuche verdanken, als „Blackmansche Reaktion“ bezeichnen.

Seit Blackman nimmt man an, daß die Assimilation bei niedrigen Bestrahlungsintensitäten von der Temperatur unabhängig ist. Würde hier die Photolyse einer Chlorophyllkohlensäureverbindung für die Geschwindigkeit maßgebend sein, so wäre ein derartiges Verhalten zu erwarten; denn photochemische Spaltungen von Molekülen, beispielsweise die Photolyse der Bromwasserstoffsäure, werden durch Temperaturänderungen von 10 bis 20° nicht beeinflusst. Indessen findet sich, daß die Assimilation auch bei niedrigen Intensitäten mit der Temperatur veränderlich ist, eine für die Theorie der Assimilation wichtige Tatsache.

Züchtet man eine Chlorella bei 20° und bestrahlt sie mit niedriger Intensität bei 20° und bei tieferen Temperaturen, so wird pro Grammkalorie absorbierter Strahlung um so mehr Kohlensäure zersetzt, je tiefer die Temperatur, beispielsweise bei 5° doppelt soviel als bei 20°.

Da in den beiden Grenzgebieten der Bestrah-

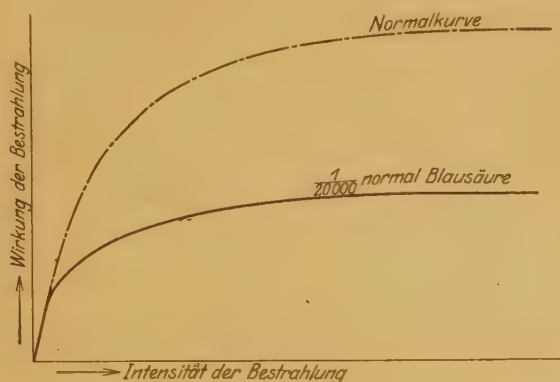


Fig. 2.

lungsintensität der Temperatureinfluß verschieden und von entgegengesetzter Richtung ist, so bestimmen bei hoher und niedriger Intensität verschiedene Vorgänge die Geschwindigkeit der Assimilation, offenbar in beiden Gebieten chemische Vorgänge. Der erste, bei hoher Intensität maßgebende Vorgang ist eine gewöhnliche chemische Reaktion und zeigt den normalen chemischen Temperaturkoeffizienten. Der zweite, bei niedriger Intensität maßgebende Vorgang ist dadurch ausgezeichnet, daß in ihm die energiereichen photochemischen Primärprodukte reagieren, und wird durch die Temperatur in entgegengesetzter Richtung beeinflusst, wie der erste.

§ 5. Schwermetall als Katalysator der Blackmanschen Reaktion (4).

Bringt man die Grünalge Chlorella in eine 1/20000-normale Blausäurelösung und nimmt bei Überschuß von Kohlensäure eine Bestrahlungskurve (Fig. 2) auf, so findet man bei niedriger Intensität keine Abweichung von der Normalkurve. Steigt die Intensität, so erscheint eine Hemmung der Assimilation, die bei hoher Intensität etwa 50 % der normalen Assimilation be-

trägt. Die Blackmansche Reaktion wird also durch Blausäure gehemmt, während der bei niedriger Intensität maßgebende Vorgang gegenüber Blausäure unempfindlich ist.

Chemisch indifferente Stoffe von der Adsorbierbarkeit der Blausäure, beispielsweise Äthylurethan, bringen erst bei tausendfacher Konzentration dieselbe Wirkung hervor, wie Blausäure (vgl. § 8). Es ist daraus zu schließen, daß Blausäure nicht als indifferentes Narkotikum wirkt, sondern durch Umsetzung mit einem Schwermetall. Für die Menge Schwermetall, um die es sich hier handelt, kann aus der wirksamen Blausäuremenge eine obere Grenze berechnet werden; sie ergibt sich zu 1 milliontel Mol pro Gramm Zellsubstanz.

Eisenmengen der gleichen Größenordnung finden sich in der Leibessubstanz der Alge, und zwar

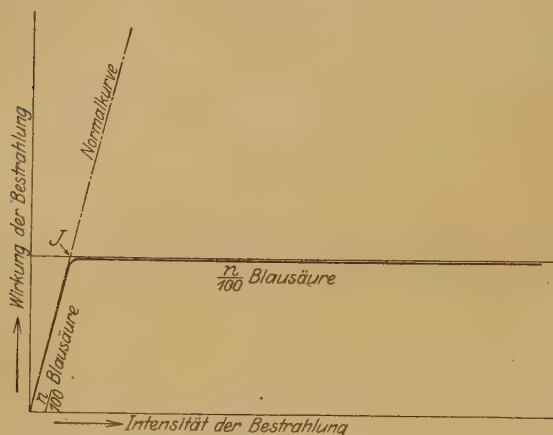


Fig. 3.

als lebenswichtige Bestandteile, da in eisenfreien Kulturflüssigkeiten das Wachstum unterbleibt. Höchstwahrscheinlich also ist das in der Blackmanschen Reaktion wirksame Schwermetall Eisen.

§ 6. Die photochemischen Acceptoren der Kohlensäureassimilation (4).

In einer grünen Zelle bringt Bestrahlung zweierlei Wirkungen hervor, die wir gesondert betrachten wollen. Einerseits wird veratmeter Sauerstoff, andererseits Sauerstoff aus der zugeführten Kohlensäure abgespalten. Zeichnen wir in der Bestrahlungskurve Sauerstoffabsorption als negativ, Sauerstoffentwicklung als positiv ein, so beginnt die Kurve (Fig. 3) bei der Intensität Null unterhalb der Abszissenachse; die Ordinate für die Intensität Null entspricht der Atmungsgröße im Dunkeln. Die Kurve schneidet die Abszissenachse bei der Intensität J , bei der ebensoviel Sauerstoff abgespalten, als veratmet wird (Gaswechselgleichgewicht). Oberhalb der Intensität J wird mehr Sauerstoff abgespalten, als veratmet, erst von J an wird von außen zugeführte Kohlensäure zersetzt.

Lassen wir steigende Blausäurekonzentrationen einwirken, so wird die Blackmansche Reaktion mehr und mehr verlangsamt, bis schließlich die Kohlensäurezersetzung völlig gehemmt ist. Dieser Zustand ist bei einer Blausäurekonzentration von $n/1000$ erreicht. Doch gelingt es nicht, durch weitere Steigerung der Blausäurekonzentration auf die Rückspaltung des veratmeten Sauerstoffs einzuwirken.

Die ausgezogene Kurve in Fig. 3 stellt eine Bestrahlungskurve in $n/100$ Blausäure dar, die gestrichelte Kurve ist an normalen Zellen aufgenommen. Wie man sieht, zeigt sich bis zum Punkte des Gaswechselgleichgewichts kein Unterschied gegen die Normalkurve; durch eine Grammkalorie absorbierte Strahlung wird aus normalen und blausäurebeladenen Zellen die gleiche Menge Sauerstoff abgespalten. Im Punkte des Gaswechselgleichgewichts trennen sich beide Kurven. Die Normalkurve steigt, entsprechend der nun einsetzenden Kohlensäurezersetzung, die Blausäurekurve knickt scharf um und verläuft weiter auf der Abszissenachse, zum Zeichen, daß die Zersetzung der Kohlensäure völlig gehemmt ist.

Die normale photochemische Ausbeute bis zum Punkte des Gaswechselgleichgewichts beweist, daß sich in Blausäure die photochemischen Primärprodukte bilden und als Reduktionsmittel betätigen können, wie in normalen Zellen. Da gleichwohl Kohlensäure nicht reduziert wird, so ergibt sich das wichtige Resultat, daß Kohlensäure als solche in einer bestrahlten Zelle nicht reaktionsfähig ist. Erst in der Blackmanschen Reaktion wird sie gegenüber den photochemischen Primärprodukten reaktionsfähig, wird sie zu einem photochemischen „Acceptor“. Von diesem eigentlichen Acceptor der Kohlensäureassimilation zu unterscheiden sind Acceptoren, die in der Sauerstoffatmung, unabhängig von der Blackmanschen Reaktion, entstehen.

§ 7. Zeitlicher Verlauf der Acceptorbildung (4).

Die Umwandlung der Kohlensäure in den photochemischen Acceptor muß — da eine Zelle im stationären Dunkelzustand keine Kohlensäure verbraucht — bei Unterbrechung der Bestrahlung schnell zum Stillstand kommen. Offenbar haben wir es hier mit einer „umkehrbaren“ Reaktion zu tun, die durch Anhäufung des Acceptors gehemmt wird und die um so schneller verläuft, je schneller der Acceptor durch die Bestrahlung verbraucht wird.

Daß in der Tat ein derartiger Zusammenhang zwischen Acceptorbildung und Bestrahlung besteht, läßt sich durch einen einfachen Versuch zeigen. Die Zelle wird bei Überschuß von Kohlensäure mit hoher Intensität bestrahlt, die Kohlensäurezersetzung zunächst im stationären Zustand gemessen. Unterbricht man nunmehr die Bestrahlung für kurze Zeit, so findet man, daß bei Wiedereinsetzender Bestrahlung anfänglich mehr

Kohlensäure zersetzt wird als im stationären Zustand der Bestrahlung. In der Zeit der Verdunkelung hat sich Acceptor angehäuft, dessen Menge aus der Kohlensäurezersetzung in der darauffolgenden Hellperiode berechnet werden kann. Variieren wir die Zeiten der Verdunkelung, so können wir den zeitlichen Verlauf der Acceptorbildung messend verfolgen. In einer derartigen, bei 25° ausgeführten Versuchsreihe wurden beispielsweise folgende Werte erhalten:

Dauer der Verdunkelung Sekunden	Während der Verdunkelung angehäufte Acceptormenge in willkürlichen Einheiten
0,015	3,8
0,15	30
1,5	200
15	750

Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß die Geschwindigkeit der Acceptorbildung etwa eine $\frac{1}{100}$ Sekunde lang nach Unterbrechung der Be-

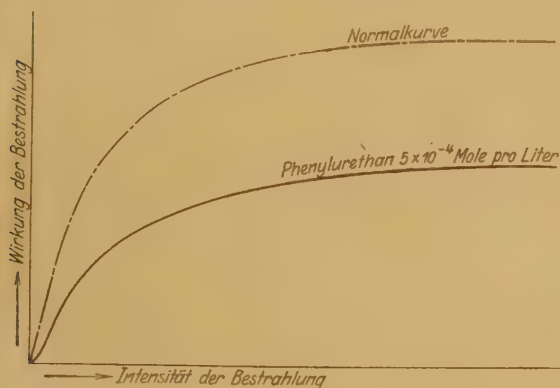


Fig. 4.

strahlung konstant bleibt, daß sie dann allmählich kleiner und schließlich nach 20 Sekunden nahezu Null wird. Nach 20 Sekunden ist das „Dunkelgleichgewicht“ erreicht.

§ 8. Acceptorbildung und Acceptorreduktion als Reaktionen an Oberflächen (4).

Bringen wir in eine assimilierende Zelle chemisch indifferente Stoffe, die von den festen Zellbestandteilen absorbiert werden, so tritt eine Hemmung der Assimilation auf, die nach Entfernung der zellfremden Stoffe wieder verschwindet.

In Fig. 4 ist ein Versuch mit Phenylurethan graphisch dargestellt; die ausgezogene Linie ist die Bestrahlungskurve phenylurethanbeladener Zellen, die gestrichelte Linie die Bestrahlungskurve normaler Zellen. Kohlensäure ist bei jeder Intensität im Überschuß. Aus den Kurven sehen wir, daß Phenylurethan die Assimilation in dem ganzen Intensitätsgebiet hemmt, am stärksten bei niedriger Bestrahlungsintensität.

Ersetzen wir das Phenylurethan durch andere Urethane, so treten die Hemmungen bei anderen

Konzentrationen auf, bei um so kleineren, je höher die Adsorptionskonstanten. In Tabelle 2 sind einige Urethane verschiedener Adsorbierbarkeit zusammengestellt und nach ihren Adsorptionskonstanten geordnet; die Reihe beginnt mit dem Glied kleinster, sie endet mit dem Glied größter Adsorptionskonstante. Unter *C* stehen die Konzentrationen, bis zu denen jedes Glied in den wäßrigen Zellphasen aufgelöst werden muß, damit der Hemmungsgrad der gleiche ist. Wie man sieht, ist *C* für das schwach adsorbierbare Anfangsglied 800mal so groß als für das stark adsorbierbare Endglied.

Tabelle 2.

25°. Hohe CO₂-Konzentrationen und hohe Bestrahlungsintensität.

Substanz	<i>C</i> (Millimole pro Liter)
Methyl-Urethan	400
Athyl-Urethan	220
Propyl-Urethan	50
Butyl-Urethan(iso)	17
Amyl-Urethan(iso)	12
Phenyl-Urethan	0,5

Die Tabelle zeigt, daß die Wirkung der Urethane nicht durch ihre Konzentrationen in den wäßrigen Zellphasen bestimmt wird, sondern durch ihre Konzentrationen an den Oberflächen der festen Zellbestandteile, die also Sitz des beeinflussten Vorgangs sind. Indem Urethane und andere Narkotika die reagierenden Stoffe von den Oberflächen verdrängen, hemmen sie die Assimilation.

Dies gilt nach Fig. 4 für zwei Teilvorgänge der Assimilation, sowohl für die bei hoher als auch für die bei niedriger Bestrahlungsintensität maßgebende Reaktion. Die erste, die Bildung des photochemischen Acceptors — nach § 5 eine Schwermetallkatalyse — können wir nunmehr als eine Schwermetallkatalyse an Oberflächen bezeichnen. Die zweite, die Reduktion des photochemischen Acceptors — nach § 5 durch Blausäure nicht beeinflussbar — ist der Vorgang, in dem die absorbierte Strahlungsenergie chemische Arbeit leistet; bei normaler Absorption der Strahlung und bei Überschuß von Acceptor kann dieser Vorgang nicht ablaufen, wenn wir die Oberflächen der festen Zellbestandteile mit chemisch indifferenten Stoffen bedecken. Wir müssen somit annehmen, daß normalerweise photochemische Primärprodukte und Acceptor an den Oberflächen der festen Zellbestandteile zusammen treffen und daß nur hier eine Einwirkung stattfinden kann. Verdrängen wir Primärprodukte oder Acceptor von den Oberflächen, so unterbleibt die Reaktion und die von den Chromatophorenfarbstoffen aufgenommene Energie wird

ungenutzt abgegeben, wie von lichtechten Farbstoffen.

Literatur.

1. O. Warburg, Physikalische Chemie der Zellatmung, Festschrift der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, J. Springer, Berlin 1921.
2. U. Kreusler, Landwirtschaftl. Jahrbücher 14, 913 (1885).
3. Willstaetter und Stoll, Untersuchungen über das Chlorophyll, J. Springer, Berlin 1913.
4. O. Warburg, Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung, Biochem. Zeitschrift 100, 230 (1919); ebenda 103, 188 (1920).

Blackman, Optima and limiting factors, Annals of Botany 19, 281 (1905).

Willstaetter und Stoll, Unters. über die Assimilation der Kohlensäure, J. Springer, Berlin 1918.

Willstaetter und Stoll, Untersuchungen über das Chlorophyll, J. Springer, Berlin 1913.

O. Warburg, Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung, Biochem. Zeitschrift 100, 230 (1919); ebenda 103, 188 (1920).

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY
RECEIVED

Heft 19. (Seite 359—382)

13. Mai 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärker-
röhre. Von *H. Rosenberg, Tübingen*. (Mit 5 Ab-
bildungen.) S. 359.

Ueber die Verschiedenheit der Individualität bei
den Angehörigen derselben Vogelarten. Von
Fritz Braun, Danzig. S. 365.

Der Mechanismus der Gebirgsbildung nach Albert
Heim. Von *O. Baschin, Berlin*. S. 369.

Besprechungen:

Born, Max, Die Relativitätstheorie Einsteins und
ihre physikalischen Grundlagen. Von *Max Jakob*,
Berlin-Charlottenburg. S. 371.

Isenkrahe, C., Zur Elementaranalyse der Rela-
tivitätstheorie. Von *Hans Thirring, Wien*. S. 373.

Dingler, Hugo, Die Grundlage der Physik. Von
Hans Thirring, Wien. S. 373.

Reiche, Fritz, Die Quantentheorie. Von *A. Smekal*,
Wien. S. 373.

Ziehen, Theodor, Lehrbuch der Logik. Von
M. Honecker, Bonn. S. 374.

Zuschriften an die Herausgeber:

Theoretische Bakteriologie. Von *Otto Rahn*,
Kiel. S. 374.

Ueber phylogenetische Ableitung. Von *Adolf
Meyer, Göttingen*. S. 376.

Erwiderung. Von *Hans Petersen, Heidelberg*.
S. 377.

Nochmals die Analysis der Absterbeordnung.
Von *P. Riebesell, Hamburg*. S. 377.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft:

Beziehungen zwischen Vogelzug und Witterung.
S. 378.

Botanische Mitteilungen. S. 379—382.

Ueber Korrelationen zwischen den Blütenteilen
und den geotropischen Bewegungen der Blüten-
schäfte. Orientierungsbewegungen der Schau-
blütenstiele in der Gattung *Hydrangea*. Ueber
polare elektronastische Erscheinungen. Ueber
traumatotrope und haptotrope Reizleitungsvor-
gänge. Die induzierte Phototaxis bei *Para-
maecium caudatum*. Experimentelle Vererbungs-
studien an Infusorien. Die Verwertung der
Mendelschen Spaltungsgesetze für die Deutung
von Artbastarden.

Astronomische Mitteilungen. S. 382.

Bildkontraktionen und Verzerrungen auf photo-
graphischen Platten.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Geometrie und Erfahrung

Erweiterte Fassung des Festvortrages gehalten an der preußischen
Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 27. Januar 1921

von

Albert Einstein

Mit 2 Textabbildungen

Preis M. 6.80

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Pettzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.
Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Theodor Fisher Verlag in Freiburg i. Br. 79, Kirchstr. 33

Leuckart-Chust:
Zoologische
Wandtafeln

Schroeder-Harpf:
Chemisch-Technolog.
Wandtafeln

Keller-Andreae:
Tiere der Vorwelt
Wandtafeln

Ulbrich:
Botanische
Wandtafeln

Prospekte auf Verlangen porto- und kostenfrei

(228)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Deutsche weltwirtschaftliche Gesellschaft E. V.

Der Friedensvertrag und Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft

Beiträge von

Moritz Julius Bonn-Berlin, Hans Bredow-Berlin, Heinrich Dade-Berlin, August Euler-Frankfurt a. M., Franz Eulenburg-Kiel, Ernst Francke-Diessen, Emil Guggenheimer-Berlin, Walther Jung-Berlin, Herbert Kraus-Königsberg, Alfred Lansburgh-Berlin, Franz Lusensky-Berlin, Albrecht Macco-Köln, Carl Scholz-Berlin, Peter Stubmann-Hamburg, Gustav de Thierry-Berlin, Walther Vogel-Berlin

Mit einer Übersichtskarte

Preis M. 28.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

13. Mai 1921.

Heft 19.

Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkerröhre¹⁾.

Von H. Rosenberg, Tübingen (Sternwarte Oesterberg.)

Schon seit einer Reihe von Jahren werden Helligkeitsmessungen von Gestirnen auch mit Hilfe kolloidaler photoelektrischer Zellen nach *Elster und Geitel*²⁾ mit gutem Erfolge angestellt³⁾. Der Vorzug dieses Verfahrens vor den sonst in der Astrophotometrie üblichen Methoden beruht einmal auf der von den physiologischen Fehlerquellen unseres Auges unbeeinflussten Objektivität der Messungen und zweitens auf der erheblich gesteigerten inneren Meßgenauigkeit, welche diejenige der optischen und photographischen Helligkeitsmessungen etwa um das Zehnfache übersteigt.

Während man bei großen Lichtintensitäten die Photoströme direkt, d. h. galvanometrisch messen kann, ist dies bei den äußerst schwachen durch das Licht der Sterne ausgelösten Photoströmen nicht mehr möglich, sondern man ist gezwungen, diese mit Hilfe eines Elektrometers durch Aufladungen zu bestimmen. Die elektrometrischen Methoden besitzen jedoch den Nachteil, daß sie sehr empfindlich sind gegen statische Störungen, Kapazitätsänderungen, Wandladungen der Zelle usw., und daß infolge der erforderlichen Schutzvorrichtungen der ganze am bewegten Fernrohr anzubringende photoelektrische Apparat nicht nur äußerst kompliziert wird, sondern daß auch systematische Unsicherheiten in die Messung hereinkommen, welche die große innere Messungsgenauigkeit der photoelektrischen Methode unter Umständen illusorisch machen können.

Die in jüngster Zeit vor allen Dingen auf dem Gebiet der drahtlosen Telegraphie immer mehr in Aufnahme kommenden „Verstärkerröhren“ gestatten, auch photoelektrische Ströme zu verstärken und bieten den Vorteil, die auf diese Weise „verstärkten Photoströme“ mit Hilfe eines Gal-

vanometers, also frei von den Unbequemlichkeiten der elektrometrischen Methode, messen zu können. Diese Verstärkerröhren sind schon wiederholt zur Messung photoelektrischer Ströme benutzt worden⁴⁾, doch hat man sie auf die Verstärkung so schwacher Ströme, wie sie bei Sternhelligkeiten in Frage kommen, scheinbar noch nicht angewandt; auch sind die bisher damit angestellten Messungen nicht als photometrische „Präzisionsmessungen“ ausgeführt, sondern zeigen nur im allgemeinen die Brauchbarkeit der Methode. Versuche, die günstigsten Bedingungen, d. h. die größtmögliche Verstärkung aus den Röhren herauszuholen, wie es zur Messung gerade schwächster Intensitäten erforderlich ist, scheinen ebenfalls noch nicht angestellt zu sein. Überdies weichen die von verschiedenen Seiten über den Zusammenhang von Intensität und verstärktem Photostrom bekanntgewordenen Resultate teilweise so stark voneinander ab, daß sie kaum vereinbar erscheinen.

Die vorliegende Arbeit stellt sich daher die Aufgabe, die günstigsten Bedingungen für die Verstärkung schwacher photoelektrischer Ströme zu ermitteln, den Zusammenhang zwischen Intensität und verstärktem Photostrom näher zu untersuchen, sowie eine für Präzisionsmessungen brauchbare Messungsmethode auszuarbeiten, auf ihre Genauigkeit zu prüfen und in eine besonders auch für astrophysikalische Zwecke anwendbare Form zu bringen.

Herrn Prof. E. Meyer in Zürich bin ich zu besonderem Danke verpflichtet, da er mich im Verlauf dieser Untersuchungen dauernd mit seinem Rate unterstützt und sich auch gelegentlich an den Versuchen in Tübingen beteiligt hat.

I.

Den folgenden Messungsreihen wurde die Pikesche Schaltung zugrunde gelegt, mit der bereits an anderer Stelle²⁾ erwähnten Abänderung, daß der verstärkte Photostrom im Anodenkreis nicht direkt, sondern mit Hilfe einer Kompensationsmethode gemessen wurde. Fig. 1 gibt diese Schaltung schematisch wieder.

Hier bedeuten:

Z die Photozelle,

V die Verstärkerröhre

¹⁾ J. Kunz, Phys. Rev. 10, 205, 1916.

C. E. Pike, Phys. Rev. 13, 102, 1919.

H. Abraham u. E. Bloch, C. R. 168, 1321, 1919.

E. Meyer, H. Rosenberg u. F. Tank, Séance de la société Suisse de Physique, Zürich 24. IV. 1920.

²⁾ Meyer, Rosenberg u. Tank l. c.

⁴⁾ Die vorliegende Arbeit wurde von Herrn H. Struve in der Plenarsitzung vom 15. Juli 1920 der Preußischen Akademie der Wissenschaften vorgelegt. Eine kurze Inhaltsangabe ist in dem betreffenden Sitzungsbericht enthalten.

²⁾ Physikalische Zeitschrift, 12. Jahrg., 1911, S. 609 bis 614.

³⁾ Guthnick, Astron. Nachrichten 196, 357. — Guthnick u. Prager, Veröffentlich. d. Kgl. Sternwarte zu Berlin-Babelsberg I₁ (1914) u. II₃ (1918). — Meyer u. Rosenberg, Vierteljahrsschr. d. Astr. Ges. 48, 3, 1913.

mit A = Anode,
 G = Gitter,
 K = Kathode,

$E_1, E_1', E_2, E_3, E_3'$ Akkumulatorenbatterien im Gitter-, im Heiz- und im Anodenkreis,

W_2 zwei zu V gehörige Eisenvorschaltwiderstände,

W_3 einen festen Widerstand von ca. $100\,000\ \Omega$),

S_1 und S_3 Spannungsteiler im Gitter- bzw. Kompensationskreis,

G_2, G_3, G_4 Galvanometer zur Messung des Heizstromes, des Anoden- und des Brückenstromes.

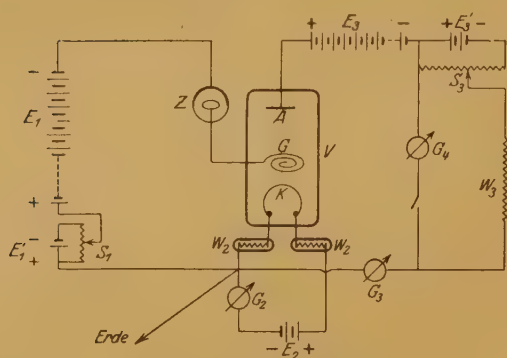


Fig. 1. Schaltungsschema.

Die benutzte Photozelle war eine nach der Vorschrift von *Elster* und *Geitel* durch die Firma Günther & Tegetmeyer, Braunschweig, hergestellte kolloidale Rubidiumzelle, die Verstärkerröhre eine Niederfrequenzverstärkerröhre der Firma Seddig, Würzburg. Zur Beleuchtung der Zelle diente eine kleine über einen Vorschaltwiderstand von einem 4-Volt-Akkumulator gespeiste Glühlampe; die Konstanz des Lampenstromes wurde ständig unter Kontrolle gehalten.

Zwischen Lampe und Photozelle befanden sich zur meßbaren Veränderung der auf die Zelle fallenden Intensität zwei Nikols, deren Drehungswinkel bis auf $0,1$ abgelesen werden konnte. Photozelle, Verstärkerröhre und ihre Verbindung sowie die Widerstände W_2 waren zum Schutz gegen statische und thermische Störungen in geerdeten, mit dickem Filz umkleideten Metallgehäusen untergebracht. Die Helligkeit der Lampe und die Empfindlichkeit der Photozelle wurden so abgestimmt, daß bei der Nikolstellung $50^\circ 0',0$ der direkt gemessene Photostrom $1,6 \times 10^{-10}$ Amp. (= 1 Skalenteil des Galvanometers) betrug.

Zuerst wurde die Abhängigkeit der Verstärkung von Anodenspannung und Heizstrom bei verschiedenen Intensitäten systematisch untersucht. (Unter Anodenspannung soll hier, wie

auch im weiteren Verlauf dieser Arbeit, die Klemmenspannung der Batterie E_3 verstanden werden.)

1. Der Heizstrom wurde konstant auf $0,530$ Amp. einreguliert, und die Anodenspannung zwischen $40,0$ Volt und $72,0$ Volt variiert; die Messung der verstärkten Photoströme erfolgte bei den Nikolstellungen $30^\circ 0',0$, $20^\circ 0',0$, $10^\circ 0',0$. Unter verstärkten Photoströmen ist stets die Differenz der Anodenströme bei unbelichteter und bei belichteter Photozelle verstanden; da die direkten Photoströme — jedenfalls mit großer Annäherung — der Intensität proportional sind und die Stromstärke für die Nikolstellung $50^\circ 0',0$ gemessen ist, so ergeben sich die zu verstärkenden primären Photoströme aus den Intensitätsverhältnissen.

Nikolstellung	Photostrom
$30^\circ 0'$	$4,26 \cdot 1,6 \cdot 10^{-11}$ Amp.
$20^\circ 0'$	$1,99 \cdot 1,6 \cdot 10^{-11}$ „
$10^\circ 0'$	$5,14 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}$ „

Die Messung der verstärkten Photoströme ergab:

Tabelle 1.

Anodenspannung Volt	Anodenstrom Amp.	Verstärkte Photoströme		
		$30^\circ 0',0$ Amp.	$20^\circ 0',0$ Amp.	$10^\circ 0',0$ Amp.
40	$2,7 \cdot 10^{-5}$	81,0	37,0	$9,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-8}$
44	3,0	97,4	43,8	11,3
48	3,9	112,8	51,3	12,9
52	5,4	121,5	55,0	14,1
56	6,3	125,4	57,5	15,3
60	8,1	127,1	59,6	15,4
64	9,3	117,7	53,1	14,1
68	11,7	99,5	46,2	11,8
72	13,8	81,5	39,0	9,7

Bei einer Anodenspannung von etwa 60 Volt zeigen die verstärkten Photoströme für alle drei Intensitäten ein Maximum¹⁾, das nach beiden Seiten ziemlich steil abfällt. Der Quotient: Verstärkter Photostrom ergibt das Maß der Verstärkung.

Tabelle 2.

Anodenspannung	Verstärkung		
	$30^\circ 0',0$	$20^\circ 0',0$	$10^\circ 0',0$
40 Volt	18,8	18,5	$19,2 \cdot 10^3$
44	22,7	21,9	22,6 „
48	26,2	25,6	25,8 „
52	28,3	27,5	28,2 „
56	29,2	28,7	30,6 „
60	29,6	29,8	30,8 „
64	27,3	26,6	28,2 „
68	23,2	23,1	23,6 „
72	19,0	19,5	19,4 „

¹⁾ An Stelle des festen Widerstandes W_3 kann auch ein Widerstandskasten (veränderlicher Widerstand) der gleichen Größenordnung benutzt werden. Der Spannungsteiler S_3 kann in diesem Falle fortbleiben.

¹⁾ Die zur Verstärkung drahtloser Zeichen günstigste Anodenspannung der Röhre beträgt ca. 100 Volt.

Eine graphische Übersicht der Verstärkungszahlen bietet Fig. 2.

Die Verstärkungen in der Nähe des Maximums übersteigen die von anderer Seite bei der Verstärkung von Photoströmen bisher erzielten maximalen Beträge etwa um das Dreifache. Die Übereinstimmung der drei Reihen zeigt, daß unter den hier auftretenden Bedingungen über das Intensitätsverhältnis von etwa 1:10 Proportionalität zwischen Lichtstärke und verstärktem Photostrom besteht.

2. Die optimale Anodenspannung von 60 Volt wurde beibehalten und der Heizstrom durch Ein-

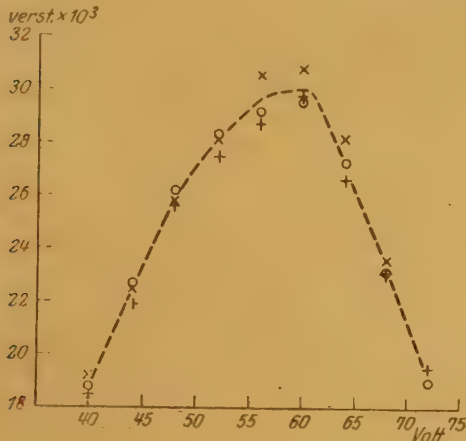


Fig. 2. Abhängigkeit der Verstärkung von der Anodenspannung.

schalten eines variablen Vorschaltwiderstandes im Heizkreis meßbar verändert; die Messungen wurden nur bei einer einzigen Intensität durchgeführt, welcher ein direkter Photostrom von $3,1 \times 1,6 \times 10^{-11}$ Amp. entsprach.

Tabelle 3.

Heizstrom Amp.	Verstärkt. Photostrom Amp.	Verstärkung
0,530	$72,0 \cdot 1,6 \cdot 10^{-8}$	$23,2 \cdot 10^3$
0,500	131,0 " "	42,3 "
0,475	206,2 " "	65,8 "
0,450	301,4 " "	97,2 "
0,430	385,9 " "	124,4 "
0,420	388,7 " "	125,4 "
0,410	354,3 " "	114,3 "
0,400	<1,0 " "	<0,3 "

Eine graphische Übersicht der Verstärkungszahlen bietet Fig. 3.

Der Versuch zeigt bei optimaler Anodenspannung ein weiteres Anwachsen der Verstärkung mit abnehmendem Heizstrom. Auch diese Kurve besitzt ein Maximum, welches bei einem Heizstrom von etwa 0,425 Amp. liegt und einer Verstärkung von rund dem 125 000fachen des direkten Photostromes entspricht. Es empfiehlt sich aber nicht, bei diesen größten Verstärkungen zu messen, da

die Einstellung des Galvanometers in der Nähe des Maximums äußerst langsam erfolgt, so langsam, daß es fast den Eindruck einer allmählichen Aufladung des Gitters macht. Für praktische Meßzwecke ist es vorteilhafter, mit etwas größerem Heizstrom — etwa 0,450 bis 0,460 Amp. — zu arbeiten, was einer Verstärkung von 80 bis 100 000 entspricht.

Es war die Frage, ob auch bei den großen Verstärkungszahlen die Anodenspannung von 60 Volt noch ein Optimum für die Verstärkung bedeutet, oder ob man durch Variation der Anodenspannung die Verstärkung noch weiter treiben kann. Bei unveränderter Intensität der Lichtquelle und einem Heizstrom von 0,450 Amp. wurde daher

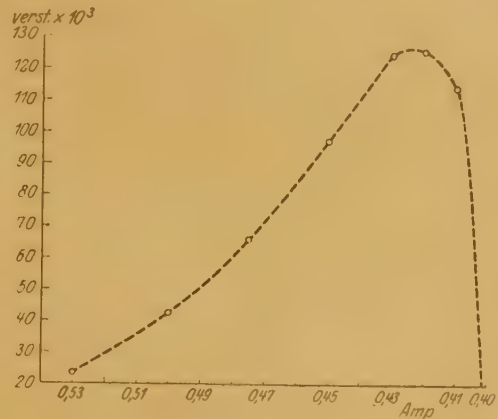


Fig. 3. Abhängigkeit der Verstärkung vom Heizstrom.

abermals die Anodenspannung von 40 Volt bis 72 Volt variiert.

Tabelle 4.

Anodenspannung Volt	Verstärkt. Photostrom Amp.	Verstärkung
40	$202,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-8}$	$65,4 \cdot 10^3$
48	281,7 " "	90,8 "
52	321,8 " "	103,8 "
60	320,5 " "	103,5 "
72	171,4 " "	55,3 "

Es zeigt sich, daß auch bei dem kleinen Heizstrom eine Anodenspannung von 50—60 Volt das Maximum der Verstärkung erreichen läßt, so daß dieser Effekt unabhängig von den Verstärkungszahlen zu sein scheint¹⁾.

3. Für eine gegebene Batterie E_2 ist das Potential des Heizdrahtes gegen den geerdeten Punkt des Heizkreises (gleichzeitig ein Punkt des Gitterkreises) durch die Größe der beiden kon-

¹⁾ Im Laufe der Zeit hat sich bei ständiger Benutzung der Röhre das Maximum entschieden zu etwas kleineren Werten der Anodenspannung — etwa 50 Volt — verschoben.

stanten Vorschaltwiderstände W_2 bestimmt; mit jeder Veränderung der Stärke des Heizstromes ist aber eine Änderung dieses Potentials und damit gleichzeitig eine Veränderung des Potentialgefälles zwischen Gitter und Glühkathode verbunden; um diesen letzteren Einfluß auf die Verstärkung gesondert untersuchen zu können, wurden die beiden Widerstände W_2 gegen zwei größere variable Widerstände ausgetauscht und die Batterie E_2 durch eine solche höherer Spannung (12 Volt) ersetzt. Durch gleichzeitige Veränderung beider Widerstände läßt sich dann unter Beibehaltung der Heizstromstärke das Potential

Mit dieser Anordnung wurde bei einem Heizstrom von 0,500 Amp. und einer Anodenspannung von 60 Volt die Abhängigkeit der Verstärkung von dem Potential des Heizdrahtes für eine Reihe verschiedener Intensitäten geprüft. Die Lampenhelligkeit war wieder so einreguliert, daß bei Nikolstellung $50^\circ 0'$ der direkte Photostrom $1,0 \times 1,6 \times 10^{-10}$ Amp. betrug; für die übrigen Nikolstellungen wurde er aus den Intensitätsverhältnissen berechnet.

Die Ergebnisse dieser Reihe sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Jeder Wert stellt das Mittel aus 10 Einzeleinstellungen dar.

Tabelle 6.

Heizstrom = 0,500 Amp.

Nikolstellung	Photostrom $\times 1,6 \cdot 10^{-13}$	Verstärkter Photostrom Heizdrahtpotential						Volt
		+ 7,01	+ 5,00	+ 2,98	+ 1,17	— 1,17	— 2,98	
$3^\circ 0'$	4,67	65,7	34,0	—	—	—	—	$1,6 \cdot 10^{-9}$
$5^\circ 0'$	12,95	180,6	93,2	52,3	—	—	—	"
$7^\circ 30'$	29,03	411,6	210,0	115,6	70,1	—	—	"
$10^\circ 0'$	51,38	756,2	371,1	205,5	126,2	72,0	47,3	"
$15^\circ 0'$	114,2	—	850,8	459,7	288,2	144,2	108,1	"
$20^\circ 0'$	199,3	—	—	814,5	507,6	261,6	189,8	"
$30^\circ 0'$	426,0	—	—	—	1120,8	563,5	404,1	"
$40^\circ 0'$	704,1	—	—	—	—	956,4	678,4	"
$50^\circ 0'$	1000,0	—	—	—	—	—	979,3	"
Verstärkungen								
$3^\circ 0'$	—	140,7	72,9	—	—	—	—	$\cdot 10^3$
$5^\circ 0'$	—	139,5	73,0	40,4	—	—	—	"
$7^\circ 30'$	—	141,8	72,3	39,8	24,2	—	—	"
$10^\circ 0'$	—	147,2	72,2	40,0	24,6	14,01	9,21	"
$15^\circ 0'$	—	—	74,5	40,3	25,2	12,63	9,47	"
$20^\circ 0'$	—	—	—	40,9	25,5	13,13	9,52	"
$30^\circ 0'$	—	—	—	—	26,3	13,23	9,49	"
$40^\circ 0'$	—	—	—	—	—	13,58	9,64	"
$50^\circ 0'$	—	—	—	—	—	—	9,79	"
Mittelwerte		142,30	72,78	40,27	25,15	13,32	9,52	$\cdot 10^3$

des Heizdrahtes in weiten Grenzen variieren. Da die Ladung des Gitters selbst zunächst unbekannt ist, wurden die Spannungsdifferenzen der beiden Enden des Heizdrahtes gegen Erde mit einem Voltmeter gemessen und gemittelt; die angegebenen Heizdrahtspannungen beziehen sich also auf die Mitte der Glühkathode.

Von zwei weiteren Messungsreihen, die bei Heizstromstärken von 0,450 bzw. 0,425 Amp. aufgenommen wurden, seien nur die Endresultate mitgeteilt; diesen Reihen kommt nicht die gleiche Genauigkeit wie der obigen zu, da sie mit einer 100mal geringeren Galvanometerempfindlichkeit gemessen worden sind.

Heizstrom = 0,450 Amp.

Heizdrahtpotential . . .	+ 6,89	+ 5,45	+ 4,38	+ 3,20	+ 1,97	+ 0,95	— 0,95	— 2,06 Volt
Verstärkung	501	287	182	100	64	46	25	$17 \cdot 10^3$

Heizstrom = 0,425 Amp.

Heizdrahtpotential . . .	+ 3,66	+ 2,16	+ 0,85	— 0,85	— 3,68	— 4,83 Volt
Verstärkung	605	187	84	30	9,5	$6,1 \cdot 10^3$

Eine graphische Darstellung dieser 3 Reihen ist in Fig. 4 gegeben.

Die Kurven zeigen für jede Heizstromstärke ein mächtiges Anschwellen der Verstärkungszahlen mit zunehmendem Heizdrahtpotential. Die hier erzielten Verstärkungen, die 600 000 übersteigen und noch nicht die obere Grenze darstellen, sind unseres Wissens noch niemals auch nur annähernd erreicht worden und genügen vollständig, um die durch das Licht der Sterne erzeugten schwachen Photoströme nach der Verstärkung mit der erforderlichen Genauigkeit *galvanometrisch* zu messen. Die Zahlen der Tab. 6 zeigen, daß unter den dort geltenden Bedingungen die verstärkten Photoströme über ein Intensitätsverhältnis von etwa 1 : 20 den Intensitäten nahe proportional sein müssen.

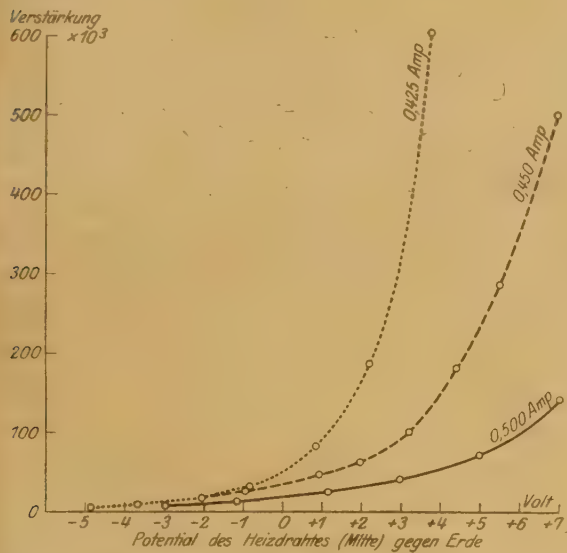


Fig. 4. Abhängigkeit der Verstärkung von Heizdrahtpotential und Heizstrom.

Gleichzeitig ergibt der Vergleich der drei Reihen für ein gegebenes Heizdrahtpotential die schon oben gefundene Zunahme der Verstärkung mit abnehmendem Heizstrom. Durch die verschiedensten Kombinationen von Heizstromstärke und Heizdrahtpotential läßt sich also jeder Verstärkungswert herstellen.

II.

Wesentlich für die Änderung der Verstärkung ist im Grunde nicht das Potential des Heizdrahtes gegen Erde, sondern die Potentialdifferenz zwischen Heizdraht und Gitter. Den Zusammenhang zwischen Anodenstrom und dieser Potentialdifferenz bietet für gegebenen Heizstrom und gegebene Anodenspannung die sogenannte *Charakteristik der Verstärkerröhre*. Da auf dem Heizdraht selbst bereits ein erheblicher Spannungsabfall stattfindet, kann von einer definierten Potentialdifferenz zwischen Heizdraht und Gitter im eigentlichen Sinne nicht gesprochen werden. In folgendem soll daher unter diesem Ausdruck

stets der *Spannungsabfall vom Gitter gegen die Mitte des Heizdrahtes* verstanden sein.

An Stelle der photoelektrischen Zelle wurden im Gitterkreis zwischen Gitter und Erde eine Batterie nebst Spannungsteiler eingeschaltet, um dem Gitter definierte Potentiale erteilen zu können, die mit dem Voltmeter gemessen wurden. Die Spannung der Mitte des Heizdrahtes gegen Erde war in allen Fällen so einreguliert, daß das Heizdrahtpotential + 2 Volt betrug; um diesen Betrag ist die gemessene Gitterspannung zu vermindern, um den Spannungsabfall Gitter — Heizdrahtmitte zu erhalten. Aufgenommen wurde die Charakteristik bei 60 Volt Anodenspannung und Heizströmen von 0,425, 0,450, 0,500 und 0,550 Amp.

Tabelle 7.

Gitterspannung gegen Heizdrahtmitte Volt	Anodenstrom			
	0,425	0,450	0,500	0,550
	Amp. Heizstrom			
— 8,00	—	—	—	0,2 · 1,6 · 10 ⁻⁶
— 7,5	—	—	—	0,8
— 7,0	—	—	0,0	1,2
— 6,5	—	—	0,1	1,8
— 6,0	—	—	0,2	3,2
— 5,5	—	0,0	0,7	5,9
— 5,0	0,0	0,1	1,8	9,8
— 4,5	0,1	0,2	3,9	16,2
— 4,0	0,2	1,1	7,4	26,5
— 3,5	1,0	2,7	14,0	40,9
— 3,0	2,6	6,1	23,9	59,9
— 2,5	5,9	12,1	38,2	82,7
— 2,0	11,2	21,8	57,1	112,7
— 1,5	17,1	33,2	79,2	146,9
— 1,0	21,7	45,6	105,1	183,1
— 0,5	23,8	55,9	132,3	220,3
0,0	24,8	62,2	156,2	253,8
+ 0,5	24,9	64,9	180,2	287,7
+ 1,0	24,8	64,9	202,2	322,9
+ 1,5	—	64,8	220,7	359,2
+ 2,0	—	—	237,3	395,8
+ 2,5	—	—	256,0	430,1
+ 3,0	—	—	274,5	470,7
+ 3,5	—	—	289,1	511,2
+ 4,0	—	—	302,1	548,2
+ 4,5	—	—	310,2	585,1
+ 5,0	—	—	315,1	628,0
+ 5,5	—	—	314,8	665,1
+ 6,0	—	—	—	710,3

Eine graphische Darstellung des für die photoelektrischen Messungen in Frage kommenden Teiles der Charakteristiken ist in Fig. 5 gegeben. Diese Kurven setzen uns in den Stand, für jede bei den photoelektrischen Messungen gefundene Anodenstromstärke die zugehörige Gitterspannung zu entnehmen.

In den zur Ableitung der Beziehungen zwischen Heizdrahtpotential und Verstärkung

aufgenommenen Versuchsreihen mit 0,500 und 0,425 Amp. Heizstrom war auch die Größe der Anodenströme bei unbelichteter Zelle gemessen worden (den Anodenstrom für die verschiedenen Intensitäten erhält man durch Subtraktion der verstärkten Photoströme von dem Anodenstrom

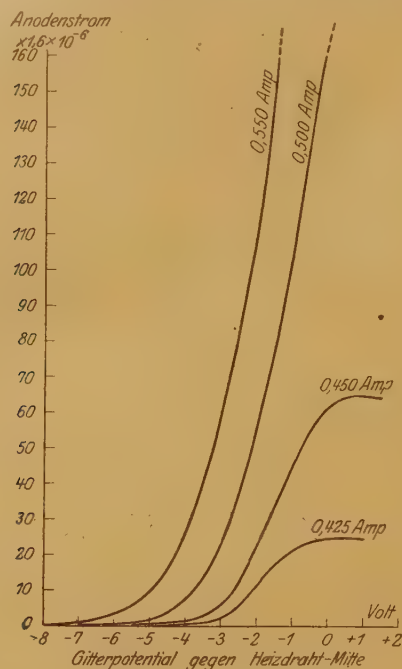


Fig. 5. Charakteristiken.

für Dunkelheit). In der folgenden Tabelle dieser beiden Reihen enthält je die erste Kolumne das Potential des Heizdrahtes gegen Erde, die zweite den bei unbelichteter Zelle gemessenen Anodenstrom, die dritte die zugehörige aus der Charakteristik abgegriffene Gitterspannung gegen die Mitte des Heizdrahtes und die vierte die erzielte Verstärkung.

dem unteren Teil der Charakteristik. Je weiter wir auf der Charakteristik herabgehen, um so größer scheint die Verstärkung zu werden.

Der Gedanke liegt nahe, die Abhängigkeit der Verstärkung von Heizstrom und Gitterpotential auf eine einzige Variable zurückzuführen, da sowohl einer Verminderung des Heizstromes als auch einer höheren negativen Aufladung des Gitters ein Sinken des Anodenstromes entspricht. Nach den bisherigen Versuchen gelingt es jedoch nicht, die Verstärkungswerte eindeutig als Funktion der Anodenstromstärke darzustellen, selbst wenn man von der dritten Veränderlichkeit mit der Anodenspannung ganz absieht. Nur für gegebene Heizstrom und gegebene Anodenspannung gilt die Beziehung, daß die Verstärkung mit abnehmendem Anodenstrom wächst.

Damit werden uns aber gewisse Anhaltspunkte für das mit Hilfe der verstärkten Photoströme direkt meßbare Helligkeitsintervall gegeben. Da die durch den Photostrom erzeugte negative Aufladung des Gitters ein Sinken des Anodenstromes bewirkt, so ist die obere Grenze der zu messenden Intensitäten in jedem Falle dadurch bedingt, daß das Produkt aus primärem Photostrom und Verstärkungszahl gleich dem Anodenstrom bei unbelichteter Zelle wird; größere Intensitäten bewirken keine Änderung im Anodenkreis mehr. Um die für die Messung kleiner Intensitäten erforderliche hohe Verstärkung zu erzielen, ist man gezwungen, mit kleinen Anodenströmen zu arbeiten. Je empfindlicher die Anordnung für die Messung schwächster Lichteindrücke wird, um so kleiner wird demnach auch das durch Anodenstromänderungen noch meßbare Intensitätsintervall. Ob auch bei den großen Verstärkungszahlen in der Nähe der oberen Grenze Proportionalität zwischen Helligkeit und verstärkten Photoströmen besteht, war besonders zu untersuchen.

Aus den in Tab. 2 und Tab. 6 zusammenge-

Tabelle 8.

Heizstrom 0,500 Amp.				Heizstrom 0,425 Amp.			
Heizdraht-potential Volt	Anodenstrom $\times 1,6 \cdot 10^{-6}$ Amp.	Gitter-potential Volt	Verstärkung	Heizdraht-potential Volt	Anodenstrom $\times 1,6 \cdot 10^{-6}$ Amp.	Gitter-potential Volt	Verstärkung
+ 7,01	18,7	- 3,22	142 300	+ 3,66	6,0	- 2,50	605 000
+ 5,00	23,1	- 3,01	72 780	+ 2,16	8,2	- 2,27	187 000
+ 2,98	27,3	- 2,87	40 270	+ 0,85	9,6	- 2,16	84 000
+ 1,17	37,0	- 2,55	25 150	- 0,85	11,4	- 2,01	30 000
- 1,17	48,0	- 2,23	13 320	- 3,68	12,7	- 1,93	9 500
- 2,98	50,8	- 2,16	9 520	- 4,83	12,8	- 1,91	6 100

Wir sehen, daß sich bei einer Änderung des Heizdrahtpotentials gegen Erde um 10 bzw. 8,5 Volt der Spannungsabfall zwischen Gitter und Heizdraht nur um 1,06 bzw. 0,59 Volt geändert hat. Sobald es sich um größere Verstärkungszahlen handelt, liegen die Gitterspannungen bei den photoelektrischen Messungen durchweg auf

stellten Verstärkungswerten geht hervor, daß jedenfalls unter den dort geltenden Versuchsbedingungen nahezu Proportionalität vorhanden ist. Betrachtet man die Abweichungen der einzelnen Verstärkungszahlen von ihrem Mittelwert als zufälliger Natur, so ergibt sich für die Einzelwerte von Tab. 2 ein mittlerer Fehler von

$\pm 1,8\%$, für Tab. 6 ein solcher von $\pm 2,2\%$, d. h. eine Genauigkeit, welche derjenigen der anderen optischen und photographischen photometrischen Methoden mindestens gleichkommt.

Eine eingehendere Untersuchung der Tab. 6 zeigt jedoch schon Andeutungen von einem systematischen Gang dieser Abweichungen in dem Sinne, daß zu größeren Intensitäten auch etwas höhere Verstärkungszahlen zu gehören scheinen. Dieses Resultat ist auf Grund der bisherigen Ergebnisse auch durchaus verständlich, da bei wachsendem

völlig geklärt. In jedem Falle muß zur Erreichung höchster photometrischer Meßgenauigkeit ein anderer Weg eingeschlagen werden.

Zwei Möglichkeiten bieten sich: Die erste besteht in der empirischen Darstellung der verstärkten Photoströme als Funktion der Intensität — ähnlich der Aufstellung der Schwärzungskurve photographischer Platten — und interpolatorischer Bestimmung von Intensitätsverhältnissen mit Hilfe dieser Kurve; der zweite Weg besteht in der bereits früher in anderem Zusam-

Tabelle 9.

Heizstrom 0,500 Amp. Heizdrahtpot. + 10,60 Volt		0,450 Amp. + 6,89 Volt		0,450 Amp. + 4,88 Volt		0,440 Amp. + 6,70 Volt	
Photostrom	Verstärkg.	Photostrom	Verstärkg.	Photostrom	Verstärkg.	Photostrom	Verstärkg.
$7,48 \cdot 10^{-13}$	$175 \cdot 10^3$	$8,30 \cdot 10^{-14}$	$386 \cdot 10^3$	$7,48 \cdot 10^{-13}$	$170 \cdot 10^3$	$8,30 \cdot 10^{-14}$	$674 \cdot 10^3$
$2,08 \cdot 10^{-12}$	182 "	$7,48 \cdot 10^{-13}$	472 "	$2,08 \cdot 10^{-12}$	186 "	$7,48 \cdot 10^{-13}$	686 "
$4,64 \cdot 10^{-12}$	195 "	$2,08 \cdot 10^{-12}$	518 "	$8,23 \cdot 10^{-12}$	190 "	$2,08 \cdot 10^{-12}$	764 "
		$8,23 \cdot 10^{-12}$	570 "	$1,82 \cdot 10^{-11}$	241 "	$8,23 \cdot 10^{-12}$	756 "

Heizstrom 0,425 Amp. Heizdrahtpot. + 3,66 Volt		0,425 Amp. + 2,16 Volt		0,420 Amp. + 2,81 Volt	
Photostrom	Verstärkg.	Photostrom	Verstärkg.	Photostrom	Verstärkg.
$7,48 \cdot 10^{-13}$	$569 \cdot 10^3$	$7,48 \cdot 10^{-13}$	$177 \cdot 10^3$	$7,48 \cdot 10^{-13}$	$315 \cdot 10^3$
$2,08 \cdot 10^{-12}$	614 "	$2,08 \cdot 10^{-12}$	186 "	$2,08 \cdot 10^{-12}$	326 "
		$4,64 \cdot 10^{-12}$	197 "	$3,73 \cdot 10^{-12}$	372 "
				$6,59 \cdot 10^{-12}$	382 "
				$1,82 \cdot 10^{-11}$	388 "

Photostrom der Anodenstrom sinkt, und da wir gesehen haben, daß kleinere Anodenströme höhere Verstärkungen bedingen. Solange wir uns auf dem steilen, nahezu geradlinigen Stück der Charakteristik bewegen, sind die Abweichungen von der Proportionalität relativ gering; sie werden aber immer merkbarer, je stärker sich in dem untersuchten Helligkeitsintervall die Charakteristik abflacht, d. h. je mehr wir uns ihrem unteren Teil nähern.

Diese Anschauung wird durch eine ganze Anzahl von Messungen bestätigt, von denen in Tabelle 9 einige als Beispiel Platz finden mögen.

Während wir bei Verstärkungen bis etwa 100 000 innerhalb der oben angegebenen Genauigkeitsgrenzen Proportionalität zwischen Lichtstärke und verstärktem Photostrom annehmen und aus den verstärkten Photoströmen die Intensitätsverhältnisse ableiten durften, ist dies bei höheren Verstärkungen nicht mehr zulässig; und es erscheint auch fraglich, ob wir nicht schon bei geringeren Verstärkungen die hohe der photoelektrischen Methode innewohnende innere Genauigkeit durch die Annahme strenger Proportionalität preisgeben. Inwieweit im Einzelfall die Nichtproportionalität von Heizstrom, Gitterpotential und Anodenstrom abhängt, ist noch nicht

menhang vorgeschlagenen¹⁾ Methode, den ganzen photoelektrischen Apparat nur als „Nullinstrument“ zu benutzen und die eigentliche Helligkeitsmessung, die „Einstellung auf Gleichheit“, nach einer beliebigen, photometrisch einwandfreien Abschwächungsmethode zu bewirken.

(Schluß folgt.)

Über die Verschiedenheit der Individualität bei den Angehörigen derselben Vogelarten.

Von Fritz Braun, Danzig.

Rund zwanzig Jahre sind vergangen, seit ich im *Journal für Ornithologie* (s. Jahrgang 1901) über meine Erfahrungen hinsichtlich der Weite und des Spielraums der individuellen Entwicklung bei einigen Arten der Sperlingsvögel berichtete. Seit jener Zeit hat sich mein Erfahrungsschatz wesentlich vermehrt, ebensowohl was die freilebenden Vögel als auch was die gefiederten Hausgenossen anbetrifft. So ist es denn begreiflich, daß bei dieser und jener Art, über die ich damals in solchen Dingen noch kein Urteil abzugeben wagte, heute reichlichere Erfahrungen

¹⁾ E. Meyer und M. Rosenberg, l. c. S. 214.

dieses Wagnis wohl rechtfertigen, während bei anderen Arten die früheren Aussagen wesentlich geändert werden müssen, weil die neuen Beobachtungen mit den früheren Erfahrungen nicht recht übereinstimmen. Gerade auf solchem Arbeitsfelde vermag der Beobachter seine Arbeit ja niemals endgültig abzuschließen und muß sich stets an bedingten Ergebnissen genügen lassen.

Dabei möchte ich jedoch andererseits auch gebührend hervorheben, daß der erfahrene Biologe bezüglich der möglichen Erfolge seiner Tätigkeit gerade deshalb allmählich zuversichtlicher gestimmt wird, weil er je länger, je mehr erkennt, daß der Kreis der Lebensäußerungen, die ihn angehen, bei den einzelnen Arten doch kleiner und übersichtlicher ist, als der Neuling denken möchte, welcher sich noch nicht daran gewöhnt hat, die Eindrücke, welche auf ihn einströmen, nach logischen Gesichtspunkten übersichtlich zu ordnen. Fassen wir die Gesamtheit der tierischen Lebenserscheinungen ins Auge, in deren Mitte sich unser eigenes Dasein abspielt, so glauben wir allerdings, in solcher Fülle schier rettungslos versinken zu müssen. Anders muten uns jedoch die Dinge an, wenn wir uns längere Zeit mit einer einzelnen Art, sagen wir einmal *Hirundo rustica* L., beschäftigt haben. Da erkennen wir bald, daß der Kreis der Bewegungen, die zwecks des Nahrungserwerbes, der Sicherung und der Fortpflanzung ausgeführt werden, durchaus nicht so verwirrend groß ist, wie es anfangs scheinen mochte. Haben wir uns erst zu dieser Erkenntnis durchgerungen, so erblicken wir auch das Triebleben der Vögel in einem anderen Lichte, und es wird uns begreiflich, daß erbliche Anlagen genügen, die Bewegungen der Tiere in die richtigen Bahnen zu lenken. Sogar der Begriff der Geselligkeit erhält dann in vieler Hinsicht eine ganz neue Bedeutung. Oft genug mag ihr Hauptzweck in einer möglichst großen Reizhäufung bestehen, damit lebenerhaltende Handlungen gleichmäßig und rechtzeitig ausgeführt werden und der Nachahmungstrieb jene Artgenossen, die aus eigenem Antriebe noch nicht dazu geschritten wären, zu gleichem Entschlusse fortreißt. Wer das a priori nicht wahr haben will, beobachte nur einmal ein Schwalbenheer vor der Abreise ins Winterquartier und bei dem endgültigen Aufbruch. Das rechte Gegenstück dazu bildet die Isolierung so vieler Vogelpärchen während des Fortpflanzungsgeschäftes. Der Kreis der wirksamen Reize wird dadurch so verkleinert, daß die übrigbleibenden um so leichter die Handlungen der Tiere in die rechten, arterhaltenden Bahnen lenken müssen, in die einzuschwenken, die Geschöpfe auf Grund einer über die Lebenszeit der Individuen hinausreichenden Erinnerung schon sowieso leicht genug geneigt sind.

Nach den Erfahrungen an einem Individuum die betreffende Art auch nach der Seite des Temperaments erschöpfend schildern zu wollen, erscheint dem Neuling oft genug als eine ganz

vernunftgemäße Aufgabe. Daß er sich dadurch in den Augen erfahrener Tierpfleger lächerlich machen könnte, kommt ihm in der Regel gar nicht zum Bewußtsein. Habe ich nicht oft genug von Bekannten gehört, sie wollten Angehörige einer bestimmten Art, sagen wir einmal Blumenausittiche (*Psittacus tirica*, Gmel.) oder Zitronenzeisige (*Chrysomitris citrinella* L.) nicht mehr halten, weil sie mit dem Wesen dieser Arten schon vertraut wären, da sie ein Exemplar davon jahrelang beobachtet hätten. Im Gegensatz dazu möchte ich hervorheben, daß ich noch heute jeden neuen Erlenzeisig (*Chrysomitris spinus* L.) und jedes neuerworbene Rotkehlchen (*Erithacus rubecula* L.) mit der Hoffnung begrüße, von ihm recht viele Aufschlüsse hinsichtlich des Temperaments seiner Art zu erhalten, obgleich ich von beiden Spezies schon Dutzende von Stücken lange Zeit hindurch gepflegt habe.

Wer beständig mit Vogelliebhabern verkehrt, die schon reiche Erfahrungen in der Tierpflege gesammelt haben, wird bald dahinter kommen, daß sie manche Vogelarten immer wieder gern erwerben, während sie andere mit der Begründung ablehnen, sie seien langweilig. Zu jenen mag vielleicht, um bestimmte Beispiele zu nennen, der Hartlaubzeisig (*Fringilla Hartlaubi* Bll.), zu diesen die schwarzköpfige Nonne (*Spermestes atricapilla* Vll.) gehören. Der Anfänger wird für gewöhnlich nur solche Tiere als langweilig bezeichnen, die in ihrem ganzen Gebaren schwerfällig erscheinen und mit auffälligen Lebensäußerungen möglichst haushalten. Dem Erfahrenen erscheinen späterhin oft genug auch solche Arten als langweilig, die zwar an sich regsam und lebhaft sind, aber schließlich den Eindruck erwecken, als seien alle Artgenossen mit einem und demselben Stempel geprägt, so daß der auch schon alle Vertreter dieser Spezies kennen gelernt hat, der sich mit einem Pärchen von ihr recht bekannt gemacht hat. Als Beispiel für solche Vogelarten möchte ich etwa den Reisvogel (*Spermestes oryzivora* L.) anführen.

Es fragt sich nun, ob wir einen allgemeinen Maßstab entdecken können, nach dem sich mit einiger Sicherheit voraussagen läßt, ob der Spielraum der individuellen Abweichungen und der Besonderheiten im Temperament bei einer Art groß oder klein sein wird. Unseren Erfahrungen nach lassen sich solche Aussagen nur mit einigem Vorbehalt machen, ohne doch deshalb gar zu allgemein und wertlos zu werden. Beispielsweise geht es nicht an, ganz kurzerhand zu behaupten, man fände bei den geselligen Vögeln ausnahmslos eine große Mannigfaltigkeit individueller Gestaltung, während die Mitglieder der vereinzelt lebenden Arten sich aufs Haar gleichen. Zu jenen Tieren gehören ja neben den individuell so mannigfach gearteten Papageien (*Psittacidae*) auch die kleinen tropischen Finken, von denen einst der gern drastisch redende A. E. Brehm behauptete, nur der könne Geschmack an ihnen fin-

den, dem es Freude mache, ihnen in Jahr und Tag einen neuen Quäklaut abzulauschen. Mag dies Urteil, wie die meisten mit gleicher Unterschiedenheit gefällten, auch eine arge Übertreibung darstellen, so wird doch keiner leugnen wollen, daß die große Mehrzahl der tropischen Aegintha- und Spermostesarten hinsichtlich der hier behandelten Dinge hinter den deutschen Passerinen weit zurücksteht, und daß diese Vögel mit den gleich geselligen Psittaciden bezüglich der individuellen Ausprägung der Artgenossen wenig gemeinsam haben. Ebenso darf man auch nicht schlankweg behaupten, daß alle einzeln lebenden Vögel einen schematischen Eindruck machten, denn dazu gehören auch Arten, deren Temperamentsweite so groß ist wie die des Rotkehlchens. Immerhin dürfen wir aber getrost sagen, daß die geselligen Vogelarten dem Menschen zumeist temperamentvoller und reicher an ausgeprägten Individuen zu sein scheinen als die einsam lebenden, weil diese weniger daran gewöhnt sind, sich anderen Geschöpfen irgendwie in ihrem Wesen zu erschließen. Daß wir dabei wirklich an die Lebensweise und nicht etwa an die Stellung der Vögel im System zu denken haben, ergibt sich ja schon daraus, daß für so verschiedenartige Familien wie die Papageien, die Raben (*Corvidae*) und die Starvögel (*Sturnidae*) ganz das gleiche zutrifft. Daß unsere Erkenntnis auf diesem Gebiet trotz allen ehrlichen Strebens des Beobachters oft genug doch nur relativen Wert behält, daß wir uns recht häufig mit dem Schein begnügen müssen, liegt ja so nahe. Je größer der Abstand der Lebensäußerungen einer Tierform von denen der Menschen ist, desto weniger leicht wird er ihr Wesen zutreffend beurteilen können. Mit einem Kakadu vermögen wir in der Hinsicht unendlich viel mehr anzufangen als mit irgendeinem Seefisch, der auf einen ganz anderen Lebensraum eingerichtet ist und auf ganz andere Verständigungszeichen angewiesen bleibt als wir Menschenkinder.

Ähnliche Gesichtspunkte müssen wir auch berücksichtigen, wenn wir uns fragen, ob sich die größte Weite des Temperaments und die mannigfachste Ausbildung der Individuen bei jenen Arten finden wird, welche irgendeine mechanische Fähigkeit zwecks des Nahrungserwerbes in einseitiger Fortbildung aufs höchste entwickelt haben, oder bei jenen, welche die Leichtigkeit des Nahrungserwerbes die meiste Zeit zu anderen Lebensbetätigungen übrig läßt, weil sie sozusagen wie die Made im Speck sitzen. Hinsichtlich der an erster Stelle genannten Arten müssen wir mit dem Urteil sehr vorsichtig sein, weil der Mensch namentlich bei gefangenen Tieren von solcher Beschaffenheit in der Regel keinen rechten Maßstab besitzt, sie nach den hier in Frage kommenden Gesichtspunkten zu beurteilen. Zumeist ist es bei ihnen — ich erinnere nur an den Flugkünstler *Apus apus* L. und viele *Picus*-arten — überaus schwer, auch nur ein paar

Stücke längere Zeit am Leben zu erhalten, und diese werden in der Gefangenschaft bei allen Lebensäußerungen derart behindert und eingeengt, daß ein Urteil über solche Betätigungen unmöglich wird, welche ein volles Sichausleben zur Voraussetzung haben.

Man sieht, daß alle Aussagen über diese Dinge nur bedingungsweise und mit vielem Vorbehalt gemacht werden dürfen. Unter dieser Bedingung darf man wohl behaupten, daß wir weder bei jenen Arten, die mit erstaunlich geringer Mühewaltung in den Besitz der für sie erforderlichen Nahrungsmenge gelangen können, noch auch bei denen, welche zwecks Erwerbs einer spezifischen Nahrung geradezu in kunstvolle, fortwährend tätige Maschinen verwandelt worden sind, eine auffällige Weite der individuellen Entwicklung und einen besonders großen Spielraum des Temperaments finden. Die günstigsten Bedingungen dafür scheinen bei den Arten gegeben zu sein, die hinsichtlich des Daseinskampfes nicht sonderlich gut gestellt sind, aber es doch andererseits auch nicht so schwer haben, daß der Nahrungserwerb den allergrößten Teil der Bewegungen für sich beansprucht. Wenn ein solcher Vergleich auch nicht nur mit einem Körnchen, sondern schon mit einem gehörigen Block Salz zu verstehen ist, möchten wir in diesem Zusammenhange doch daran erinnern, daß ja auch bei den Menschenrassen die Entwicklung der in Frage kommenden Eigenschaften dort am besten gewährleistet erscheint, wo der Mensch weder fast rein passiver Kostgänger einer verschwenderisch freigiebigen Natur ist, noch auch, wie manche Hyperboräer, dazu gezwungen wird, beständig alle Energie zum Erwerb seiner verhältnismäßig einseitigen und spärlichen Nahrung einzusetzen. Die typischen Bewohner der Kultursteppe, wo massenhaft wachsende Samenpflanzen eine Menge leicht zugänglicher Nahrung liefern, pflegen recht gleichmäßig geprägt zu sein, so daß für individuelle Abweichungen wenig Raum bleibt. Das gilt z. B. für die meisten Ammernarten (*Emberizidae*). Ähnlich steht es in der gegensätzlichen Gruppe etwa mit den *Picidae* und den *Apus*-arten, die beständig mit der Lösung eigenartiger mechanischer Aufgaben beschäftigt sind, so daß sie selbst zum Formen längerer Tonreihen keine Zeit übrig behalten. Die individuelle Entwicklung der Laubvogelarten (*Phylloscopidae*) scheint dagegen wieder unter allzu günstigen, ewig gleichbleibenden Erwerbsverhältnissen zu leiden. Psychologisch waren diese Tierchen mir immer deshalb besonders interessant, weil sofort nach ihrer Gefangennahme der Fluchtreflex dem Menschen gegenüber völlig ausgeschaltet war und sie sich sogleich allerlei Leckerbissen aus der Hand ihres Pflegeherrn holten, was andere Vögel in solcher Lage gewöhnlich nur dann tun, wenn schwere Krankheit ihr Ableben in baldigste Aussicht stellt.

Hinsichtlich der *Paridae* dürfte das in der

eingangs erwähnten Arbeit abgegebene Urteil zu absprechend ausgefallen sein. Langjährige Beobachtungen am winterlichen Futterplatz haben mich davon überzeugt, daß die Weite des Temperaments, die verschiedenartige Ausbildung des Individuells bei diesen Spezies doch größer ist als ich früher annahm, wobei jedoch unterstrichen werden müßte, daß die Lebenslage, in der ich die Tierchen beobachtete, nicht der Norm entsprach. Eine Kohlmeise (*Parus maior* L.), die monatelang in der Nähe eines wohlversorgten Futterhäuschens herumsitzt, muß dabei notwendigerweise mehr oder weniger entarten, wobei allerdings die Tatsache bestehen bleibt, daß die in den abnormen Verhältnissen entwickelten Wesensunterschiede in den Tieren potentiell vorhanden waren. Doch bleibt auch trotz dieser Wahrnehmungen das damals ausgesprochene Urteil bestehen, daß die Kohlmeise in dieser Hinsicht alle ihre deutschen Verwandten wesentlich übertrifft, „und uns zwischen Raubtiernatur und liebenswürdiger Friedfertigkeit, unbändigem Freiheitsdrang und stiller Fügsamkeit eine große Reihe von Charakteren vorführt“.

Nach den Wahrnehmungen an gefangenen Meisen (von den deutschen Meisenarten entziehen sich nur die Haubenmeise [*Parus cristatus* mitratus Brehm] und die Schwanzmeise [*Aegithatus caudatus* L.] meiner Beurteilung, weil ich sie nicht oft und nicht lange genug beobachten konnte) scheint mir die Tannenmeise die geringste Weite des Temperaments zu besitzen, was vielleicht damit zusammenhängen mag, daß diese Art leichter als *maior*, *caeruleus* und *palustris* ihre Nahrung findet, die sicherlich zu einem recht hohen Prozentsatz aus den massenhaft vorhandenen Sämereien der Tannenarten besteht.

Ebenso muß ich auch das damals abgegebene Urteil, das den Lerchen (*Alaudidae*) von unserem Gesichtspunkte aus einen recht tiefen Platz in der Rangordnung der deutschen Vögel anwies, wesentlich abändern. Ich hob damals die Heiderleche (*Lullula arborea* L.) als mannigfaltiger geprägte Art besonders hervor, doch dürfte ihr die Haubenlerche (*Galerida cristata* L.) in der Hinsicht doch den Rang ablaufen. Daß dem so sei, davon kann sich jeder überzeugen, der Gelegenheit hat, an großstädtischen Müllabladepätzen und ähnlichen Orten winterlang eine größere Zahl von Haubenlerchen ständig zu beobachten. Ebenso wie die in recht weiten Grenzen abändernden Körpermaße dieser Vögel werden ihm auch bald die Unterschiede in ihrem Temperament zum Bewußtsein kommen, über welche der geradezu staunen muß, der eine größere Anzahl von ihnen als Hausgenossen beherbergte. Ich habe die erste Haubenlerche seinerzeit mit recht geringen Erwartungen angeschafft, aber nach Jahr und Tag zählte diese Art neben dem Rotkehlchen, dem Zeisig und dem gemeinen Star unserer Triften zu meinen erklärten Lieblingen.

Ob ihre größere Formbarkeit damit zusammenhängt, daß die Haubenlerche in so hohem Maße Kulturfolger und Siedlungsnachbar des Menschen geworden ist? — Wenn man sich die deutschen Sperlingsarten (*Passer domesticus* und *Passer montanus* L.) von unserem Standpunkte betrachtet, wird man wohl geneigt sein, diese Frage zu bejahen, da der Haussperling die Spatzen der Feldhaine in dieser Hinsicht weit übertrifft. Dennoch gebe ich zu, daß *Passer montanus* von mir vor zwanzig Jahren ein zu schlechtes Zeugnis erhielt, weil ich ihn nur auf den Kopfweiden der Niederungstriften des Weichseldeltas beobachtet hatte. Hier in dem Eylauer Villenviertel, wo auch *montanus* der Hauptsache nach Hausbewohner wurde, hat er sich dem Haussperling auch in seinen Eigenschaften sehr genähert, so daß er dem vielgewandten Hausspatzen auch bezüglich der Verschlagenheit nur wenig nachsteht. Wenn *Naumann* hervorhebt, wieviel einfältiger und leichter zu berücken der Feldsperling sei, so entspricht das unzweifelhaft reichlichen Beobachtungen, über deren Wert bei einem *Naumann* kein Zweifel sein kann. Der Altmeister hat es aber auch sicherlich nur mit solchen Feldsperlingen zu tun gehabt, die noch Kulturflüchter geblieben waren und mit dem Herrn der Schöpfung nur wenig Berührung gewonnen hatten. Für einen geschulten Beobachter, der viel mit den fraglichen Arten in Berührung kommt, wäre es sicherlich eine recht dankbare Aufgabe, einmal festzustellen, wie die Übersiedelung in eine neue Umgebung auf das Temperament der Vögel einwirkt. Zu berücksichtigen wären dabei Arten wie die Ringeltaube (*Columba palumbus* L.), die Amsel (*Turdus merula* L.), die Singdrossel (*Turdus musicus* L.), der Sumpfrohrsänger (*Acrocephalus palustris* Bechst.) und ähnlicher mehr.

In der glücklichsten Mitte zwischen geistlosen Kostgängern einer allzugütigen Natur und solchen Vogelarten, die beinahe in mechanische Kunstwerke verwandelt worden sind, finden wir manche unserer deutschen Finken, wie vor allem den Zeisig (*Chrysomitris spinus* L.) und den Stieglitz (*Carduelis carduelis* L.), wobei wir bei dem Stieglitz zwischen *Carduelis carduelis* L. und der östlichen Form *Carduelis carduelis* Tacz. scharf unterscheiden müssen, da das so reichlich spendete Lob nur jenem zugebilligt werden darf. Möglicherweise spielt auch hier die engere Einschaltung in den Spielraum eines lebensvollen Kulturlandes eine gewisse Rolle. Jedenfalls ist es nicht zuviel gesagt, daß der Schriftsteller, der eine Sonderabhandlung über den Zeisig schreiben wollte, selbst in dem Fall, daß er zeitlebens viele dieser verständigen Grünröcke verpflegt hätte, seinen Nachfolgern doch noch Gelegenheit genug ließe, das Kapitel über Temperament und Individuell des Erlenzeisigs nach allen Seiten hin zu ergänzen. Unsere hastende Zeit, in der auch die Gelehrten ihre Arbeitsziele mehr nach dem Tages-

bedarf und nach praktischen Gesichtspunkten als nach ihres Herzens tiefinnerstem Drange zu bestimmen pflegen, hat für solche Tätigkeit allerdings nur wenig Verständnis. Trotzdem raten wir dem Biologen, einmal *Hermann Müllers* kleine Schrift „Am Neste“ zur Hand zu nehmen. Allerdings müßte es in einer versonnenen Stunde geschehen, weil er sonst mit diesem Buch, das recht wertvollen Inhalt in einer sehr krausen Form bietet, wohl wenig anzufangen wüßte. Nach seinem Studium dürfte es ihm aber klar sein, daß es in der Biologie noch allerlei Provinzen gibt, von denen man an den biologischen Arbeitsstätten unserer Hochschulen nur wenig zu erfahren pflegt.

Allerdings liegen die Dinge nicht so, daß nunmehr jeder frisch und frei nach dem Erwerb von einem halben Dutzend Sperlingsvögeln Beobachtungsergebnisse zeitigen könnte, die es verdienten, weiteren Kreisen als vollgültige Erkenntnis zugänglich gemacht zu werden. Ein solcher Neuling müßte erst geraume Zeit über die Frage nachdenken, wie man ein *geschulter* Beobachter wird. Genügt es doch beispielsweise, Individuen von sehr verschiedener Altersstufe, etwa einjährige und vier- oder fünfjährige Männchen, miteinander zu vergleichen, um zu Urteilen zu gelangen, die vollkommen schief und irreführend sind. Erst wenn wir vollkommen geschlechtsreife Tiere miteinander vergleichen, die sich hinsichtlich ihrer körperlichen Ausbildung durchaus entsprechen, sind wir zur Aufstellung von Parallelen berechtigt, die logischerweise auch wirkliche Parallelen sind. Auch im Bereich des Menschlichen muß man ja bei der Beurteilung eines heldischen Jünglings und eines abgeklärten Mannes von ganz anderen Voraussetzungen ausgehen. Zwischen einem Alexander dem Großen und einem Agesilaos voraussetzungslos Parallelen zu ziehen, wäre eine begriffliche Verirrung.

Daß sich die Fachgenossen zu diesen Studien, deren Eigenart ich eben zu schildern versucht habe, in hellen Haufen drängten, braucht wohl niemand zu befürchten. Immerhin hat es vielleicht seinen Wert und seine Bedeutung, darauf hinzuweisen, daß in dem weiten Reich der Naturwissenschaften noch mancher Acker der Bestellung harret, auf dem ebenso gut wie anderswo goldene Frucht reifen könnte, zwischen deren Ähren auch bunte, herzerfreuende Blumen hervorlugen.

Der Mechanismus der Gebirgsbildung nach Albert Heim.

Das Problem der Gebirgsbildung hat noch immer keine befriedigende Lösung gefunden, trotzdem es nicht an Versuchen gefehlt hat, den letzten Gründen jener tektonischen Vorgänge, wie man die gebirgsbildenden Bewegungen (Dislokationen) der Erdkruste in der Geologie und Geographie zu bezeichnen pflegt, durch scharfsinnige Überlegungen nachzuspüren und durch

mehr oder weniger geistreiche Hypothesen den Schlüssel zu finden, der uns das Verständnis für die auch auf diesem Gebiete außerordentlich mannigfaltigen Erscheinungen der Wirklichkeit erschließt. Es ist hier nicht der Ort, auf jene zahlreichen Erklärungsversuche einzugehen, die in den besseren Lehrbüchern der Geologie und physischen Geographie ausführlich erörtert werden. Die große Mehrzahl der Forscher steht auf dem Standpunkt, daß letzten Endes die säkulare Abkühlung des gesamten Erdkörpers als Hauptursache der Dislokationen zu betrachten sei, weil mit ihr eine Verringerung des Volumens der Erde Hand in Hand gehen und daher eine Schrumpfung der äußeren Rinde verbunden sein müsse. Diese Kontraktionstheorie wurde, wenn man von der neuen Wegenerschen Verschiebungstheorie¹⁾ absieht, bis jetzt an Großartigkeit der Auffassung und Einheitlichkeit der Durchführung von keiner anderen Hypothese erreicht, und so ist es kein Wunder, daß sie noch bis heute die herrschende geblieben ist, und daß man bestrebt ist, die beobachteten Tatsachen nach Möglichkeit mit ihr in Einklang zu bringen.

Ein Mangel aber, der wohl allen diesbezüglichen Erklärungsversuchen anhaftet, ist der, daß sie sich stützen auf Annahmen über den Bau der Erdkruste, die meist nicht sicher genug verbürgt sind. Die Tektonik der festen Erdkruste ist selbst da, wo sie uns am besten bekannt ist, nämlich in gut erforschten Gebirgen, nur in großen Zügen unserer Kenntnis erschlossen, und mitunter erleben wir auch da Überraschungen, die unsere bisherigen, scheinbar fest gegründeten Anschauungen von Grund aus umgestalten. So hat z. B. die Auffassung vom Bau des am besten untersuchten Gebirges, der Alpen, in den letzten Jahrzehnten infolge einer anderen Deutung des vorhandenen Tatsachenmaterials eine durchgreifende Umwälzung erfahren müssen.

Wenn daher einer der ältesten und erfahrensten Geologen, der sein ganzes Leben dem Studium des Gebirgsbaues der Alpen gewidmet und diese Lebensarbeit in einem großzügigen Werk²⁾ niedergelegt hat, es unternimmt, die tektonischen Grundzüge dieses Gebirges, wie sie sich unter Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse herausgestellt haben, in gemeinverständlicher Form darzustellen, so darf ein solches Unternehmen der Anteilnahme aller Gebildeten sicher sein. Wenn aber darüber hinaus, und zwar in diesem Umfange wohl zum ersten Male, der Nachweis einer weitgehenden Übereinstimmung seiner geologischen Auffassung mit den Ergebnissen der Schweremessungen geliefert wird, und diese wiederum den Anlaß gibt, eine großzügige Hypothese über den Mechanismus der Gebirgsbildung überhaupt aufzustellen, so wird der Naturwissenschaftler solcher Arbeit ein ganz besonderes Interesse entgegenbringen.

In einem Vortrag über „Das Gewicht der Berge“, den *Albert Heim* 1918 gehalten hat³⁾, geht er von der Überlegung aus, die der Naturforscher *Carl Geßner* 1555 auf dem Gipfel des Pilatus anstellte, wie merkwürdig es doch sei, daß diese gewaltigen Berge nicht

¹⁾ Vergleiche: Die Naturwissenschaften, 1921, Jahrg. 9, S. 241—250.

²⁾ Geologie der Schweiz. Von *Albert Heim*. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. Bd. I, 1919, XX, 704 S., 126 Abb., 31 Tafeln; Bd. II, Lfg. 1—6, 1920, 512 S., 167 Abb., 23 Tafeln. Weitere Lieferungen im Erscheinen begriffen.

³⁾ Jahrbuch des Schweizer Alpenclub, 53. Jahrgang, S. 179—201.

durch ihre eigene Last in den Erdboden versänken, und gibt darauf die Antwort: Sie sind schon eingesunken, sonst wären sie noch viel höher. Diesen Leitgedanken verfolgt Heim nun durch alle Einzelheiten hindurch bis in seine letzten Konsequenzen, und kommt zu den folgenden Hauptergebnissen:

1. *Beschaffenheit des Erdkörpers.* a) Die äußere feste Erdkruste besteht aus einer viele tausend Meter dicken Schicht von Sedimentgesteinen, deren Dichte 2.1 bis 2.9 beträgt und im Mittel zu 2.6 anzunehmen ist. b) Darunter folgt eine hauptsächlich aus Aluminiumsilikaten (Si und Al, daher von E. Suez als „Sal“ bezeichnet) zusammengesetzte Schale, deren Hauptbestandteile Gneise, kristalline Schiefer und metamorphe Gesteine, Granite, Porphyre und andere verwandte siliciumreiche (saure) Erstarrungsgesteine ausmachen, deren mittlere Dichte 2.7 sein dürfte. c) Die nächsttiefer Zone enthält vorherrschend magnesiumreiche basische Silikate (Si und Ma, daher von E. Suez „Sima“ genannt), deren Dichte 2.8 bis 4 beträgt. Hierher gehören die Grünsteine, Diorit, Diabas, Gabbro, Serpentin, auch alle basischen Laven wie Basalt, Malaphyr usw. Die Gesteine dieser Zone sind schon reich an Erzausscheidungen, was auf einen Reichtum an Schwermetallen in tieferen Zonen hindeutet. d) Verschiedene Übergangsschichten, bestehend aus Gesteinen von Sima-Charakter, gemischt mit Erzen und Schwermetallen. Mittlere Dichte wahrscheinlich 4—6. e) Der eigentliche Erdkern, die Barysphäre, über deren Zusammensetzung uns einzelne vulkanische Ausbrüche von schweren metallreichen Basalten, sowie die Beschaffenheit der Meteorite Aufschluß geben, die als Bruchstücke eines der Erde ähnlichen Planeten aufzufassen sind. Die große Mehrzahl der Meteoriten besteht aus Eisen mit einem hohen, bis über 6 pCt. hinausreichenden Nickelgehalt (Ni und Fe), weshalb Suez diesen schweren Erdkern als „Nife“ bezeichnet.

Die Gebirge, soweit sie uns bekannt sind, bestehen größtenteils aus Sediment- und salischen Gesteinen, während Ergüsse aus der Sima-Zone nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Druckfestigkeit der Gesteine wird durch die Last der überlagernden Massen schon in wenigen tausend Metern Tiefe überwinden, so daß manche schon in 2000, die meisten in 4000 bis 6000, alle sicher in 10000 Metern Tiefe sich in einem plastischen Zustande befinden, in dem sich der Druck (hydrostatisch) nach allen Seiten hin wie in einer Flüssigkeit fortpflanzt. Eine langsam fließende Bewegung ohne Bruch wird so auch beim festesten Gestein möglich, um so mehr, als die hohe Temperatur die Plastizität befördert. In etwa 50 bis 100 km Tiefe dürften sich die Gesteine in geschmolzenem Zustande befinden, denn die höchste Temperatur im Erdinnern kann man zu mehreren tausend Graden annehmen.

2. *Schwerkraft und Gebirgsbildung.* Früher glaubte man, daß die gewaltigen Gesteinsmassen, die zu hohen Gebirgen aufgetürmt sind, durch ihre Anziehungskraft die normale Schwere vergrößern müßten. Sobald man aber in der Lage war, durch zuverlässige Pendelmessungen den Betrag der Schwere an verschiedenen Stellen der Erde miteinander zu vergleichen, erhielt man ein ganz anderes Ergebnis.

Die ausgedehntesten und häufigsten Abweichungen des Betrages der Schwere von ihrer normalen Verteilung auf der Erdoberfläche bestehen nämlich darin, daß in den meisten Gebirgen (Apennin, Alpen, Jura, Himalaya), die Schwere zu gering, viel seltener (Schwarzwald, Vogesen) zu groß ist. In Hochländern

scheint sie fast immer zu gering, in Tiefländern, an Küsten und auf ozeanischen Inseln dagegen fast immer zu groß zu sein. Der Schweredefekt unter hohen Gebirgen, wie z. B. den Alpen, kann nicht auf Höhlungen im Erdinnern zurückzuführen sein, denn schon bei tiefen Tunnels und in Bergwerken beobachten wir die Tendenz zum Schließen dieser Hohlräume durch den Gebirgsdruck. Die Ursache ist vielmehr in der wechselnden Verteilung verschieden dichter Gesteine zu suchen. Wird ein Faltengebirge aus den leichteren Sedimenten oder von salischen Gesteinen aufgetürmt, so drückt es die schweren Gesteine der Tiefe herab und zwingt sie zum seitlichen Ausweichen, so daß ein Massendefekt entsteht. Dringen dagegen mächtige „Sima“-Ergüsse von unten in das „Sal“ oder gar in die Schicht der Sedimentgesteine ein, so entsteht an der betreffenden Stelle ein Massenüberschuß. In der Schweiz ist nun in den Jahren 1900 bis 1917 durch Messerschmid und Niethammer eine vollständige Aufnahme der Schwereabweichungen vorgenommen und die Linie gleicher Abweichungen (Isogammen) in eine Karte eingetragen worden. Die Zahlenwerte für die Schwereabweichung sind ausgedrückt durch die Dicke einer Gesteinsschicht von der Dichte 2.4 in Metern. Die größte Schwere findet sich im Schwarzwald mit + 200 m, die geringste in der Gegend von Davos mit — 1700 m. Eine Vergleichung dieser Karte mit dem Bau des Gebirges, die Heim als unvergleichlicher Kenner der Schweizer Alpen im einzelnen durchführte, zeigt nun eine so weitgehende Übereinstimmung, daß durch diese Schweremessungen die neuesten Auffassungen über den Deckenbau des Gebirges kraftvoll bestätigt werden, während bei der früher angenommenen Art der Auffaltung direkt von unten (autochthone Faltung) die Schwereverteilung ganz anders sein müßte. Je mehr liegende Falten noch erhalten übereinander gehäuft sind, und je größer infolgedessen der Tiefgang der Faltung ist, desto größer zeigt sich auch der Massendefekt. Je tiefere Glieder im Alpenbau hingegen an die Oberfläche treten, wie es in axialen Aufwölbungen (Tessin, Unterengadiner Fenster) oder auch in den Wurzelzonen der Fall ist, um so mehr nimmt der Massendefekt ab. Allerdings ist zu beachten, daß die Schweremessungen an der Erdoberfläche ja nur ein sehr verwischtes Bild von den Dichteänderungen in großen Tiefen der Erdkruste geben können, so daß sprunghafte Wechsel in der Tiefe oben nur in Übergängen bemerkbar sind. Diese Unvollkommenheiten der Übereinstimmung machen sich im Querprofil stärker geltend als im Längsprofil, weil hier die Dichteänderungen in einem Kettengebirge nicht so rasch und mannigfaltig aufzutreten pflegen wie dort.

Massenüberschuß entspricht im allgemeinen einer Aufwölbung tieferer, dichterere Schichten, Massendefekt einer Überlastung mit leichterem Rindenmaterial, und die Massenverteilung in der Tiefe paßt sich also dem Abtrag bzw. der Überbürdung der Rinde an durch das Bestreben nach Herstellung eines Gleichgewichtszustandes, den man mit dem Ausdruck *Isostasie* bezeichnet. Jede größere Gebirgsbildung klingt nach unseren jetzigen Kenntnissen in isostatischen Bewegungen aus, die kaum jemals ganz zum Abschlusse kommen, weil das Gebirge selbst durch Abwitterung erleichtert, dessen Umgebung jedoch durch seine Trümmer fortwährend stärker belastet wird. Die Isostasie ist bedingt durch das Gewicht der Berge und die Tendenz der Erdrinde nach Erreichung eines dynamischen Gleichgewichtszustandes. Sie ist also nicht eine pri-

märe Ursache der Gebirgsbildung, sondern eine Folgeerscheinung derselben. Die geologische Detail-Untersuchung der Alpen hat bewiesen, daß eine Einsenkung von einigen hundert Metern des fertig gefalteten Gebirgskörpers in seiner Gesamtheit wie ein starres Ganzes mit seinen Randzonen in geologisch später (interglazialer) Zeit stattfand, die als *Schlußphase* der ganzen Gebirgsbildung den eigentlichen Dislokationsbewegungen nachgefolgt ist.

Mit großer Bestimmtheit stellt *Heim* diese These auf, daß nach der tertiären Dislokationsfaltung des Alpengebirges eine mitteldiluviale isostatische Einsenkung des ganzen, schon durchfalteten Gebirgskörpers um mehrere hundert Meter erfolgte. Dadurch aber ist das Gefälle der alten Täler in den Randregionen rückläufig geworden, und die früheren Täler im Gebirge selbst sind in übertiefte Talbecken umgewandelt worden und in ihrem eigenen Wasser ertrunken. Daß die alpinen Talseen der Gletschererosion ihren Ursprung verdanken, wie vielfach angenommen wird, beruht nach *Heim* auf einer falschen Deutung ihrer Formen.

3. *Die Mechanik der Gebirgsfaltung.* Um nun aber die Beziehungen der Schwere zum geologischen Bau auch quantitativ zu prüfen, führt *Heim* einige neue Begriffe in die Lehre von der Gebirgsbildung ein, mit denen man in Zukunft vielfach wird rechnen müssen, und deren Erläuterung daher hier ausführlich wiedergegeben sei.

Die Oberfläche der faltenden Rinde (*M*) sei das allgemeine Niveau der Erdoberfläche, ungefähr das Meeresniveau. Die Unterlage der faltenden Rinde nennt *Heim* die Scherzone der Dislokation (*Sch*). Sie ist die Basis, auf welcher, bei beginnender Stauung, die zu faltende Rinde sich am nichtmitfaltenden Untergrund verschiebt. Die Tiefe von *Sch* unter *M* ist die ursprüngliche, einfache Dicke der faltenden Rinde, die Rindendicke (*R*). Dann lassen sich am fertiggestalteten und isostatisch ausgeglichenen Gebirge folgende Begriffe formulieren:

a) Der *Faltungs-Tiefgang* (*T*) ist die größte Tiefe der Scherzone *Sch* unter der ursprünglichen Oberfläche *M*.

b) Der *Faltungs-Hochgang* (*H*) ist die Höhe der ergänzten Faltungsscheitel über der ursprünglichen Oberfläche *M*.

c) Die *Faltungsdicke* (*F*) ist die gesamte Stauungsdicke der gefalteten Rinde, also $T + H$.

d) Die rein *tektonische Faltungshöhe* (*tF*) ist die Höhenamplitude der Faltung, also $F - R$.

e) Die Höhe der durch die Verwitterung erfolgten *Abtragung* sei *A*.

f) Die nach dieser Abtragung noch gebliebene *orographische Höhe* des Gebirges (*O*) über *M* ist $H - A$.

g) Die *isostatische Senkung* (*S*) zeigt den Betrag der Herabdrückung der Scherzone (*Sch*) unter ihre ursprüngliche Lage, also $T - R$.

Der Faltungstiefgang der verschiedenen Kettengebirge ist sehr ungleich und meist schwer zu schätzen. Für das Juragebirge gibt *Heim* $R = 1000 - 2000$ m, $F = 1800 - 3600$ m, $T = 500 - 1500$ m an. Im Gebiete der helvetischen Decken ist $F = 5 - 10$ km. Am Nordrand der alpinen Zentralmassive steigt *F* bis 20 km, im Penninischen Gebiete bis 40 km, in der Zone Monte Rosa - Bernina sogar auf 50 km, während *T* hier noch 20-25 km betragen mag. Bei völligem isostatischen Gleichgewicht müßte ein Gebirge ge-

rade noch mit soviel Masse über das allgemeine Niveau der Erdoberfläche hervorragen, als dem Massendefekt entspricht, der das Gebirge trägt. Die Alpen haben in der Hauptsache diesen Gleichgewichtszustand erreicht. Mehr als die Hälfte ihres Faltungskörpers liegt durch das eigene Übergewicht in die Erdrinde eingedrückt.

Auffaltung, Abwitterung und Einsenkung waren nicht nacheinander, sondern stets gleichzeitig nebeneinander in wiederholten wechselnden Phasen am Werke.

Je gewaltiger der Faltungs-Tiefgang ist, um so höher können die Berge sein. Im Himalaya ist daher ein etwa doppelt so mächtiger Faltungs-Tiefgang zu erwarten.

Heim unterscheidet Eruptivgebirge, die durch Anhäufung von erstarrten Ausbruchs- und Intrusivmassen von innen heraus gebildet werden, und Dislokationsgebirge, bei welchen eine Bewegung der Erdrinde und damit eine Lagerungsstörung der Schichten die wesentliche Ursache ist. Die Dislokationsgebirge wieder scheiden sich in Plateaugebirge, die durch Vertikaldislokation, und Kettengebirge, die durch Horizontalbewegungen gebildet wurden. Wollte man bei den letzteren, wie es vielfach versucht worden ist, in Gedanken diese Faltungen und Überschiebungen wieder zurückglätten, so finden wir den Raum dafür nicht mehr. Die Erdrinde ist also in sich selbst zusammengeschoben worden, im Jura um etwa 10 km, in den Alpen wohl um mehr als 200 km, was eine beträchtliche Verkleinerung des Erdradius bedeutet, denn jedem Zusammenschub des Umfangs der Erdrinde um 6 m entspricht eine Verkürzung des Erdradius um einen Meter.

4. *Ausblick in die Zukunft.* Der jetzige Zustand kann nicht stabil sein, da die Erde sich weiter abkühlen muß. Die Rinde wird dem schrumpfenden Kern zu weit, und sie muß sich faltend dem kleiner werdenden Umfange anpassen, aber nicht gleichmäßig, sondern stückweise. So entstanden die Ozeanbecken als große Senkungsfelder. Die Dislokationen sind also die Folgen des Gewichtes der ganzen Erdrinde. Das Gewicht der einzelnen Gebirge, auch der Eruptivgebirge, bewirkt dann die isostatische Einsenkung. Daß die Erdrinde noch nicht stabil geworden ist, beweisen auch die zahlreichen Erdbeben und die mit ihnen verbundenen größeren und kleineren Verschiebungen. Auch ist das Meeresniveau keine unveränderliche Fläche, denn alle Veränderungen in der Gruppierung des Festen beeinflussen auch die Gestalt der Meere. Da wir jedoch die Entfernung der einzelnen Punkte der Erdoberfläche vom Erdmittelpunkt nicht bestimmen können, so bleibt uns die veränderliche Meeresoberfläche als einzige Basis für die Bestimmung der Erdgestalt übrig. In Ermangelung jeglicher wirklichen Fixpunkte können wir daher immer nur von relativen Bewegungen sprechen. *O. Baschin.*

Besprechungen.

Born, Max, *Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen* (Gemeinverständlich). 3. Bd. der Naturwiss. Monographien und Lehrbücher. Berlin, Julius Springer, 1920. X, 242 S., 129 Textabbildungen und ein Porträt *Einsteins*. Preis geh. M. 34,—; geb. M. 42,—; für die Bezieher der „Naturwissenschaften“ M. 30,— bzw. M. 38,—.

Das Interesse an *Einsteins* Relativitätstheorie hat längst weit über die Sphäre der theoretischen Phy-

siker und Mathematiker hinausgegriffen, insbesondere seitdem *Einstein* durch den Übergang von der „speziellen“ zur „allgemeinen“ Relativitätstheorie die Probleme der Gravitation, der Konstitution des Raumes (oder vielmehr der physikalischen „Welt“), der Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt, der Verknüpfung von Geometrie und Physik in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen und damit zugleich zu neuen erkenntnistheoretischen Fragen Anlaß gegeben hat. Naturforscher aller Art, Philosophen, ja schließlich alle Gebildeten müssen oder möchten jetzt Stellung nehmen oder mindestens Einblick gewinnen in diese durch das Siegel der Mathematik verschlossene physikalische Geheimlehre. Ursprung und Ziel der Relativitätstheorie auch dem Laien verständlich zu machen, ist vielfach versucht worden in Aufsätzen und Broschüren, deren Kürze allein schon den vollen Erfolg ausschloß. Nun hat es einer unserer besten theoretischen Physiker unternommen, in dem vorliegenden umfangreicheren Werk die Relativitätslehre „gemeinverständlich“ darzustellen.

„Gemeinverständlich“ ist selbst ein sehr relativer Begriff. In dieser Besprechung soll dargelegt werden, mit welchen Mitteln der Verfasser „Gemeinverständlich“ angestrebt und inwieweit und für wen er sie erreicht hat.

Born hat wohl richtig als eine der Hauptschwächen der meisten populären Darstellungen erkannt, daß sie beim Leser halb unbewußt eine beträchtliche Kenntnis der Physik und ihrer Entwicklung voraussetzen. Der Leser soll wissen oder auf kurze Erläuterungen hin glauben, daß die Physik zur Erfindung einer nicht sinnlich direkt wahrnehmbaren, Äther genannten Substanz gezwungen war, der die sonderbarsten Eigenschaften, zuletzt die absoluter Ruhe im Weltraum, zugeschrieben werden mußten und daß dann dennoch in der Optik der bewegten Körper und in der Elektrodynamik unüberwindliche Schwierigkeiten einsetzten. Der Laie aber, in seiner Unkenntnis der Entwicklung der Physik, wird den Gedanken nicht los: War es wirklich unvermeidlich, in diese Sackgasse hineinzu marschieren? *Born* dagegen beginnt mit einer Darstellung der gesamten für die Relativitätstheorie wichtigen Physik in historischer Anordnung, die, wie er betont, nur das Gewand ist, das den logischen Zusammenhang um so klarer hervorheben soll. In überaus klarer und schöner Form zeigt er erstens, wie die Physik schiedernotwendig zu der Situation geführt wurde, in der sie *Einstein* antraf, und zweitens, wie dieser sie aus ihrer unhaltbaren Lage erlöste. Fünf Abschnitte, über zwei Drittel des Buches, sind der erstgenannten Darstellung gewidmet, kaum ein Drittel (zwei Abschnitte) der eigentlichen Einsteinschen Theorie. So überragend wichtig und nicht kürzer lösbar schien dem Verf. die Aufgabe, den Leser auf die Relativitätstheorie gründlich vorzubereiten.

Im Verzicht auf mathematische Beweisführung liegt eine weitere Schwäche populärer Schriften. In keiner anderen mir bekannten gemeinverständlichen Darstellung (auch nicht in *Einsteins* bekanntem Büchlein) habe ich z. B. eine Ableitung der Lorentzischen Transformationsgleichungen gefunden. Es ist aber von Wichtigkeit, daß der Leser möglichst viel selbst erkennen, möglichst wenig glauben muß; andererseits kann ihm nicht viel Mathematik zugemutet werden. Daraus ergibt sich ein fast unlösbares Dilemma. Auch *Born* setzt nur wenig mathematische Kenntnisse voraus und sieht sogar vom Gebrauch so einfacher Funktionen wie des Logarithmus und der trigonometrischen

Funktionen ab, die doch in jeder Mittelschule gründlich behandelt werden. Aber bei genauerem Besehen findet man doch, daß er nicht ganz so wenig Mathematik verlangt wie er meint. Die Einführung der Minkowskischen schiefwinkligen Koordinaten und die Darstellung der Einsteinschen Kinematik in ihnen, die Ableitung der Lorentztransformation u. dgl. stellen immerhin einige Anforderungen an die Auffassungsgabe für Algebra und Geometrie, die viele Laien eben einfach nicht besitzen. Erstaunlich freilich bleibt, daß es dem Verfasser gelungen ist, mit so elementarer Mathematik fast alle Sätze, die in der Relativitätslehre eine Rolle spielen, in vereinfachter Weise abzuleiten oder doch die Ableitung anzudeuten. Hier wird z. B. dem Laien einmal klar gemacht, was eigentlich Invarianten sind, von denen in der Relativitätstheorie so viel die Rede ist; es werden selbst die mathematischen Operatoren div und rot mit Worten anschaulich gemacht und es können so die Hauptgleichungen der Maxwell'schen Theorie in Formeln angeschrieben und in einfachen Sätzen erklärt werden. Mit einem Wort: es wird nicht nur über die Relativitätstheorie geredet; sondern es wird alles Wichtige, wenn auch in vereinfachter Weise, formelmäßig mathematisch dargelegt.

Drittens endlich war der über das Mathematische und Physikalische hinausgehende Sinn der Relativitätstheorie plausibel zu machen. *Born* kennzeichnet ihn durch folgende Antithese: Alle unmittelbaren Erlebnisse führen zu Aussagen, die zwar nur für den Einzelnen (subjektiv), aber deshalb absolut gelten. Die exakten Wissenschaften maßen sich an, allgemein gültige, objektive Aussagen zu gewinnen, sie verzichten aber auf ihre absolute Geltung. In der gedankenreichen Einleitung des Werkes wird auseinander-gesetzt, wie die Physik sich immer mehr von der Anschauung entfernt hat, bis nur noch die Relativierung von Raum und Zeit übrig blieb: „Die Leistung der Einsteinschen Theorie ist also die Relativierung und Objektivierung der Begriffe von Raum und Zeit. Sie krönt heute das Gebäude des naturwissenschaftlichen Weltbildes.“ Dieser Gedanke zieht sich durch das Buch. Auf S. 220 heißt es: „Das Raumerlebnis liegt außerhalb des Gegenstandes unseres Buches. Hier handelt es sich um Raum und Zeit der Physik, also einer Wissenschaft, die sich bewußt und immer deutlicher von der Anschauung als Erkenntnisquelle abwendet und schärfere Kriterien verlangt“ und auf S. 183: „Die Relativierung der Begriffe „unten“ und „oben“ durch die Entdeckung der Kugelgestalt der Erde hat den Zeitgenossen sicherlich nicht geringere Schwierigkeiten bereitet. Auch hier widersprach das Ergebnis der Forschung einer aus dem unmittelbaren Erlebnis geschöpften Anschauung. Ähnlich scheint *Einsteins* Relativierung der Zeit mit dem Zeiterlebnis des einzelnen nicht in Übereinstimmung zu sein; denn das Gefühl des „Jetzt“ erstreckt sich schrankenlos über die Welt, alles Sein eindeutig mit dem Ich verknüpfend. Daß dasselbe, was das Ich als „zugleich“ empfindet, ein anderer als „nacheinander“ bezeichnen soll, das läßt sich in der Tat durch das Zeiterlebnis nicht begreifen. Aber die exakte Wissenschaft hat andere Kriterien der Wahrheit; da das absolute „Zugleich“ nicht feststellbar ist, muß sie diesen Begriff aus ihrem System auserzen.“

Diese Sätze mögen gleichzeitig einen Begriff geben von der Überzeugtheit und Überzeugungskraft des Verfassers und von der sprachlichen Schönheit seines Buches. Dieses ist in der Tat nicht zum wenigsten

als *Kunstwerk* zu bewerten in Aufbau und Durchführung.

Es soll hier nicht auf Einzelheiten eingegangen und endlich nur noch das Gesamturteil abgegeben werden, daß die Gemeinverständlichkeit des Buches in Frage steht für Menschen, denen alle *Begabung* für Mathematik fehlt, daß aber jeder andere Gebildete, auch wenn er so gut wie keine mathematischen *Kenntnisse* hat, bei einiger Anstrengung durch das Buch einen so gründlichen Einblick in die Gedankenwelt und in fast alle Einzelheiten der Relativitätstheorie gewinnen kann wie wohl aus keiner anderen für Laien bestimmten Darstellung.

Max Jakob, Berlin-Charlottenburg.

Isenkrahe, C., *Zur Elementaranalyse der Relativitätstheorie*. Einleitung und Vorstufen. Braunschweig, Friedr. Vieweg, 1921. IV, 133 S. Preis M. 6,— und Teuerungszuschlag.

Auf rund 100 Seiten wird nicht viel mehr gebracht als eine philosophische Ausschrotung der Einleitung des ausgezeichneten Werkes „Raum, Zeit, Materie“ von H. Weyl, der es sich wohl nie träumen ließ, daß sein Buch Anlaß zu einem derartigen Unfug geben werde. Ein Beispiel: Aus Weyl wird zitiert: „Ein bestimmtes Materiestück erfüllt in einem bestimmten Zeitmoment einen bestimmten Raumteil.“ Hier setzt nun die „Elementaranalyse“ ein: „Was heißt bestimmen?“ Nach längeren Spitzfindigkeiten, in deren Verlaufe fünf „Grundbegriffe“ eingeführt werden müssen, gelangt der Verf. zu dem Resultat, daß der angeführte „Weylsche Satz Nr. 2“ besser in folgende Form gebracht werden könnte: „Ein unverwechselbar gekennzeichnetes Materiestück M erfüllt in einem unverwechselbar gekennzeichneten Zeitmoment Z einen unverwechselbar gekennzeichneten Raumteil R .“ Das genügt aber nicht! Die Elementaranalyse fragt weiter: „Was bedeutet das Wort „erfüllen“.“ Das Resultat dieser „Analyse“ ist folgendes: „ M ist dasjenige Etwas, welches (sei es bloß durch sein Dasein, sei es durch irgendein *aktives* Verhalten) im *Augenblick* Z den *Ort* R „erfüllt“, d. h. ihn „absperrt“ in dem Sinne, daß es die *Koexistenz* mit Etwas (!) von eben der Art, die „*Materie*“ heißt, unmöglich macht. Kurz, wie oben bemerkt: Bejahung von ZRM ist zugleich Verneinung von ZRM' . — Diese drei Symbole versinnbildlichen den eigentlichen Untergrund der ganzen Physik und so auch den der Relativitätstheorie.“

In dieser Weise geht es durch das ganze Buch fort, auf das sich ausgezeichnet die bekannte boshafte Definition anwenden läßt: „Philosophie ist der ständige Mißbrauch einer eigens zu diesem Zweck erfundenen Terminologie.“ Es führt den bescheidenen Untertitel: „Einleitung und Vorstufen.“ Wie wird da erst das eigentliche „Werk“ aussehen! Hans Thirring, Wien.

Dingler, Hugo, *Die Grundlagen der Physik*. Synthetische Prinzipien der mathematischen Naturphilosophie. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger Walter de Gruyter & Co., 1919. XV, 159 S. Preis M. 11,—.

Das Buch trägt auf einem Umschlag die Aufschrift: „Die bekannte Einsteinsche *Relativitätstheorie* wird hier von ihren ersten Grundlagen aus als völlig unhaltbar nachgewiesen!“

Im Inneren stellt sich dann heraus, daß nun endlich der Stein der Weisen gefunden worden ist. Daß die Physiker früher (d. h. vor Erscheinen der Dinglerschen „Grundlagen“) im Dunkeln tappten, wird ihnen auf S. 101 gnädigst mit den Worten verziehen: „Zur Beurteilung der derzeitigen Situation muß aber be-

achtet werden, daß die fundamentalen Erkenntnisse der vorliegenden Schrift bisher nicht bekannt waren, und daher derartig einfache und klare Einsicht in das Wesen der Hypothesen, wie sie ganz zwanglos und von selbst aus unseren allgemeinen Prinzipien fließt, den Forschern nicht zugänglich ist. — Insbesondere ist die Möglichkeit eines dauernden und durch keinerlei Erfahrung berührbaren oder umstoßbaren theoretischen Gebäudes, wie wir es in der reinen Synthese nachgewiesen haben, völlig unbekannt, ja, es scheint undenkbar, ehe man es eingesehen hat.“ Der Verf. ist auch gegen die Frage gewappnet, wieso er das Kunststück zustande bringt, mit Hilfe der „reinen Synthese“ ein „durch keinerlei Erfahrung berührbares oder umstoßbares“ theoretisches Gebäude aufzustellen. Auf S. 14 und 16 heißt es bereits: „Es ist nun die Frage, die sich für jeden in erster Linie an dieser Stelle erheben wird, die: Wie bewirke ich, daß meine Festsetzungen dann auch Geltung haben, in Wirklichkeit? Die Antwort ist eine sehr einfache: Dies geschieht, indem ich ausnahmslos die in meinen Festsetzungen aufgestellten Regeln anwende. Wir wollen dieses Prinzip als das Prinzip des Durchsetzens der Festsetzungen bezeichnen. (Also: *Sic volo, sic iubeo!* Anm. d. Ref.) — Wenn ich durch stetes Anwenden einer Regel unter Bezwingung (!) scheinbar widerstrebender Fälle die Regel durchsetze, dann kann ich dies auch so auffassen, daß ich die Geltung der Regel festhalte und alle (scheinbar) abweichenden Fälle anderweitig erkläre. In dieser Form wird das Durchsetzen von Festsetzungen in den räumlichen Wissenschaften behandelt werden, und demgemäß habe ich dort diesem Prozeß den Namen der „Exhaustion“ gegeben.“ — Mit der „reinen Synthese“ und der „Exhaustion“ geht nun alles. Z. B.: Das Newtonsche Gravitationsgesetz ergibt sich aus der reinen Synthese a priori als einzig richtiges Gravitationsgesetz. Wenn es nun irgendwo an der Erfahrung nicht stimmt, so geniert das den reinen Synthetiker gar nicht. Er hält sich für diesen Zweck Atome erster, zweiter, dritter und vierter Art (manchmal auch „Materie erster bis vierter Stufe“ genannt) bereit, und, wenn etwas nicht in Ordnung ist, so läßt sich das leicht auf „Störungen“ durch die Materie vierter Stufe (die man nach Ansicht des Verfassers nie wahrnehmen kann) zurückführen und die Gesetze der reinen Synthese sind wieder gerettet.

Man sieht also: der magische Spuk von anno dazumal heißt im Jahre 1919 „Materie vierter Stufe“ und darf dafür in einem wissenschaftlichen Verlag erscheinen.

Hans Thirring, Wien.

Reiche, Fritz, *Die Quantentheorie*. Ihr Ursprung und ihre Entwicklung. Berlin, Julius Springer, 1921. VI, 231 S. und 15 Textfiguren. Preis geh. M. 34,—.

Das Buch stellt eine wesentlich erweiterte, die Literatur bis Mitte 1920 berücksichtigende Ausarbeitung des gleichbetitelt vortrefflichen Aufsatzes dar, den der Verf. im Planckheft der „Naturwissenschaften“ (1918, Nr. 17) veröffentlicht hat. Die Quantentheorie wird getreu ihrer historischen Entwicklung auf die mannigfachen Gebiete hin verfolgt, in denen ihre Leistungsfähigkeit erprobt worden ist, wobei es in sehr glücklicher Weise gelungen ist, eine zu starke Betonung der Spektralserientheorie mit ihren blendenden Erfolgen etwa gegenüber der Quantentheorie der Festkörper zu vermeiden. Auch auf allen anderen Gebieten, wo die Quantentheorie noch nicht bis zur Darstellung von Beobachtungsergebnissen mittels uni-

verseller Konstanten allein vorgedrungen ist, fehlt es der Darstellung nicht an Deutlichkeit, so daß die noch offenen Probleme und Schwierigkeiten dem Leser keineswegs vorenthalten bleiben.

Mathematische Ableitungen sind im Texte völlig vermieden und für die wichtigsten Fälle in Anmerkungen am Schlusse des Buches in elementarer Form gegeben. Ein noch größerer Wert dieses über 300 Anmerkungen und Zusätze enthaltenden Schlußteiles liegt aber in den sehr vollständigen Literaturangaben, die er enthält. So wird das Buch nicht nur dem mit einigen mathematisch-physikalischen Kenntnissen vertrauten Leser einen vollständigen, in dieser abgerundeten Form zum ersten Male gebotenen Überblick über die Bedeutung der Quantentheorie und ihrer Anwendungen vermitteln, sondern auch dem Fachmann in mancher Hinsicht von großem Nutzen sein können.

A. Smekal, Wien.

Ziehen, Theodor, Lehrbuch der Logik auf positivistischer Grundlage mit Berücksichtigung der Geschichte der Logik. Bonn, Marcus u. Weber, 1920. gr. 8o. VIII, 866 S. Preis geh. M. 47,50; geb. M. 55,50.

Dem ausführlichen Titel, der dem Ref. ein gut Teil Arbeit vorwegnimmt, ist in einem Punkte zu widersprechen: Das vorliegende Werk ist kein „Lehrbuch“ im eigentlichen Sinne; dazu ist es nicht nur zu umfangreich, sondern es trägt für ein Lehr- und Lernbuch auch ein zu eigenwilliges Gepräge.

Der *geschichtliche* Teil (S. 17—240) ist überaus dankenswert. Er erfüllt ein lange bestehendes Desiderat. Bis in die Gegenwart hineinreichend, geht dieser Abriss zeitlich weit über *Karl Prantls* bekanntes Werk hinaus; an Fülle der Details übertrifft er die Darstellungen von *Überweg* und *Harms*. Auch wenn man vielleicht in manchen Einzelheiten von *Z.s* historischer Auffassung wird abweichen müssen, so bleibt dieser Abschnitt des Buches als umfangreiche Materialsammlung von Wert. (Wäre nicht eine gesonderte Ausgabe zu empfehlen?)

Z. betrachtet die Logik, wie er in der *Einleitung* (S. 1—16) ausführt, als die Lehre von der formalen Gesetzmäßigkeit des Denkens in bezug auf seine Richtigkeit und Falschheit, d. h. als Lehre vom Einfluß der Denkvorgänge auf die materiale Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der Denkergebnisse mit den Tatbeständen. Er behandelt sie (mit Recht) als eine theoretische Wissenschaft, deren normativer Charakter nur sekundär ist. Innerhalb der Philosophie steht sie neben der Gignomenologie (= Erkenntnistheorie im weiteren Sinne) und der Erkenntniskritik (= Erkenntnistheorie im engeren Sinne).

Der eigentlichen Darstellung schickt *Z.* eine erkenntnistheoretische, eine psychologische, eine sprachliche und eine mathematische *Grundlegung* voraus (S. 237—416). Die *erkenntnistheoretische* Fundierung, welcher Gesichtspunkte für die Deutung der logischen Gesetze entspringen sollen, wird zunächst durch die Gignomenologie dargestellt, eine dem Verfasser eigentümliche Erkenntnistheorie vom Standpunkt eines „binomistischen Positivismus“ (von *Z.* auch anderorts entwickelt). Diese Lehre findet im Gegebenen, in den Gignomenen, zwei Arten von Gesetzmäßigkeiten, die Kausal- und die Parallelgesetze. Ferner unterscheidet sie die Redukte als das, was in gesetzlichen Beziehungen steht, und die Parallelkomponenten, d. i. die parallelgesetzlichen Wirkungen, welche die Redukte in die Gegebenheiten des Empfindens und Vorstellens ver-

wandeln. So handelt es sich auch beim Denken um ein Produkt aus Redukten und Parallelkomponenten; die letzteren zerfallen in die „Differenzierungsfunktionen“ der Zusammensetzung, Zerlegung und Vergleichung.

Der zweite Teil der *erkenntnistheoretischen* Grundlegung beschäftigt sich vornehmlich mit den Begriffen Richtigkeit und Geltung; die *psychologische* Basierung zeigt *Z.s* bekannte, der „Assoziationspsychologie“ nahestehende Auffassung; die *sprachliche* Grundlegung findet, wie die *mathematische*, nur eine kurze Behandlung.

Die *Darstellung der Logik* wird durch eine „*autochthone*“ Grundlegung (S. 417—458) eingeleitet, die hauptsächlich die logische Bedeutung der Richtigkeit untersucht und mit einer Einteilung der Logik abschließt. Dieser Einteilung gemäß entwickelt der Verfasser dann sein *System* der Logik (S. 459—829) als Lehre von den Begriffen, den Urteilen, den Schlüssen, den Beweisen und den Wissenschaften. Auf die Einzelheiten der breiten Darstellung einzugehen, ist hier unmöglich. Allgemein sei bemerkt, daß fast alle Abschnitte mit historischen Rückblicken verbunden sind, daß der Verfasser zahlreiche terminologische Neuvorschläge bringt, daß er neue symbolische Bezeichnungen prägt und manches durch originale schematische Zeichnungen erläutert. Im einzelnen ist hervorzuheben, daß Definition und Division in der Begriffslehre ihre Stelle finden; ferner, daß *Z.* unter den mittelbaren Schlüssen neben dem Syllogismus, dem Mittelbegriffsschluß, als zweite Gattung die Schlüsse ohne Mittelbegriff behandelt, als deren Arten er den Analogie-, den Induktions- und den paradigmatischen Schluß unterscheidet. (Zu der letztgenannten Art gehört auch die „*mathematische Induktion*“.) — Die Abschnitte vom Beweis und von der Wissenschaft scheinen unter der im Vorwort erwähnten Kürzung besonders gelitten zu haben.

Da die ganze Darstellung auf die vorausgeschickten „Grundlegungen“, vorzüglich auf die erkenntnistheoretische, allenthalben zurückgreift, so hätte eine gründliche Kritik vor allem an diesen Fundamenten anzusetzen, ein Unternehmen, das hier zu weit führen würde. Die Notwendigkeit einer erkenntnistheoretischen Basierung der Logik ist grundsätzlich zuzugestehen. Allein in *Z.s* positivistischer Begründung wird lediglich, wer solchem Standpunkt zustimmt, eine Stärke, wer ihn jedoch (wie der Referent) ablehnt, nur eine Schwäche des Werkes sehen können.

Will man *Z.* nach der von ihm selbst (S. 153) gebrachten Charakterisierung der herrschenden logischen Richtungen einreihen, so muß man ihn als „*Psychologen*“ ansprechen; denn als Objekt der Logik gelten ihm die Denkprozesse, also psychische Vorgänge, mag er sie auch unter dem Gesichtswinkel des „normalen“ oder „idealen“ Denkens betrachten. Auch hier wird also die Beurteilung vom Standpunkt des Beurteilers abhängen, und zu einer Ablehnung wird nicht nur der „Logizist“ gelangen, sondern ebenso der, welcher (mit dem Referenten) der Meinung ist, daß die Denkerlebnisse zwar auch, aber nicht sie allein den Gegenstand der Logik bilden.

M. Honecker, Bonn.

Zuschriften an die Herausgeber.

Theoretische Bakteriologie.

Die Lehre von den Bakterien hat einen ganz andern Entwicklungsgang gehabt als die andern Naturwissenschaften. Sie ist sozusagen von der Stunde der Geburt an, als welche man wohl *Pasteurs* „Studien über das

Bier“ ansehen muß, zur praktischen Arbeitsleistung herangezogen worden. Die Möglichkeiten der Anwendungen der Bakteriologie auf die verschiedensten Industrien und auf die angewandten Naturwissenschaften, namentlich auf die Landwirtschaft und die Medizin, mehrten sich in erstaunlichem Maße, und die Anwendungen waren so einfach: man zählte die Bakterien, machte Reinkulturen, sterilisierte und impfte und erzielte mit einfachsten Mitteln größte Erfolge. Natürlich war zu solcher Forschungsarbeit neben den bescheidenen Kenntnissen in der Bakteriologie noch ein gründliches Wissen in dem Wissenszweige notwendig, auf den die Bakteriologie angewandt wurde, sei es nun Medizin, Chemie oder Landwirtschaft. Die Bakteriologie aber war von vornherein immer nur Hilfswissenschaft und ist es in Deutschland bis auf den heutigen Tag geblieben.

In dieser Beziehung steht die Bakteriologie ganz allein unter allen Wissenschaften: kein anderer Wissenszweig ist in Deutschland nur Hilfswissenschaft. Jede andere Wissenschaft hat irgendwo im Reich eine Stelle, an der sie um ihrer selbst willen getrieben wird. Nur die Bakteriologie ist ohne Urheimat, von ihrer frühesten Jugend an hat sie bei anderen Wissenschaften Dienste leisten müssen und nirgends ist ihr ein Plätzchen zur Selbstbesinnung geblieben.

Damit ist natürlich nicht gesagt, daß in Deutschland keine wissenschaftliche Bakteriologie getrieben worden ist. Im Gegenteil, es sind umfangreiche und wertvolle Arbeiten von botanischen, medizinischen, landwirtschaftlichen oder gärungsgewerblichen Bakteriologen geleistet worden, und dies ist um so mehr anzuerkennen, als diese Arbeiten sozusagen nebenher geleistet wurden, neben der eigentlichen Berufstätigkeit, der angewandten Bakteriologie. Ich möchte nur auf *Kruses* Mikrobiologie verweisen. Aber auf die Dauer ist doch dieser Zustand nicht mehr haltbar. Die wissenschaftliche Bakteriologie kommt dadurch so langsam vorwärts, daß sie den Ansprüchen der Wissenszweige, welche sie benutzen wollen, nicht mehr genügt. Die bakteriologischen Anwendungen auf mehreren Gebieten sind zum Stillstand gekommen, weil die wissenschaftlichen Grundlagen der Bakteriologie hierfür nicht mehr ausreichen, so in einzelnen Gebieten der medizinischen Bakteriologie, der Bodenbakteriologie, der Käsebereitung, der Nahrungsmittelindustrie. Diejenigen Forschungsgebiete, welche Bakteriologie anwenden wollen, sind gezwungen, sich ihre Grundlagen selbst zu schaffen. Gewöhnlich übersteigt dies die Arbeits- und Finanzkraft der Forschungsanstalten, und die Anwendung unterbleibt dann ganz. Oder aber ein Institut beginnt die Arbeit von Grund auf; dann steht zu befürchten, daß der Aufsichtsrat oder die sonst beaufsichtigenden Organe gegen die nach ihrer Ansicht außerhalb der gesteckten Ziele liegende Arbeit Einspruch erheben. Das ist z. B. in landwirtschaftlichen Versuchsstationen vorgekommen. Man wünscht gewöhnlich schnellste praktische Erfolge, aber keine theoretischen Arbeiten.

Nun könnte man diesen Ausführungen entgegen, die Bakteriologie sei ein Teil der Botanik, und diese hätte die Aufgabe, die wissenschaftlichen Interessen der Bakteriologie zu vertreten. Das ist richtig, und das geschieht auch nach Maßgabe der Bedeutung der Bakterien für die Botanik. Diese ist allerdings herzlich gering. Die Bakterien bilden einen recht kleinen Teil der Pilze, diese wieder sind nur ein Teil der Thallophyten, welche wiederum nur ein Teil der Kryptogamen sind; die Kryptogamen aber stehen an Bedeutung hinter den Phanerogamen weit zurück. Die Be-

wertung der Bakterien durch den Botaniker entspricht ganz diesem Bilde. Meines Wissens wird zurzeit nur in einem deutschen botanischen Universitätsinstitut, in Marburg, in größerem Maße über Bakterien gearbeitet. Die Systematik der Bakterien liegt derartig im Argen, daß man für die meisten der praktisch wichtigen Bakterien eine Anzahl verschiedener Namen hat, welche ganz nach Belieben gebraucht werden. Es fehlt ein anerkanntes System, es fehlt ein Ausschuß von Bakteriologen, welcher über die wissenschaftliche Nomenklatur entscheidet und die einheitliche Benennung dann auch wirklich durchsetzt. Es liegt in der Winzigkeit der Bakterien begründet, daß man mit den morphologischen Kennzeichen allein keine Einteilung durchführen kann. Daher stammt auch das gebräuchlichste System nicht von den Botanikern, sondern von den Medizinern *Lehmann* und *Neumann*, welche alle Eigenschaften der Bakterien zur Einteilung heranzogen und nicht nach rein botanischen Richtlinien vorgingen. Daß die Botanik nicht als die Vertreterin der theoretischen Bakteriologie gelten kann, zeigt auch folgendes Beispiel: Es ist verständlich, daß ein Professor der theoretischen Physik Leiter einer Fabrik elektrischer Apparate werden kann, daß ein Professor der theoretischen Chemie zum Leiter einer Farbenfabrik gewählt wird. Daß aber ein Professor der theoretischen Botanik zum Leiter eines Hygienischen Instituts oder eines Tierseuchenamts ernannt worden ist, ist wohl noch nicht vorgekommen. Die Bakteriologie arbeitet eben nicht nur anders als die Botanik, sie denkt auch anders. Die botanische Behandlung der Bakterien ergibt nur einen kleinen Teil des theoretischen Wissens, das der Praktiker zur Anwendung der Bakteriologie haben muß. Und nun möchte ich auf das Mißverhältnis zwischen Theorie und Anwendung an den deutschen Universitäten hinweisen. Jede Universität hat ein Institut für wissenschaftliche Botanik; einzelne haben auch Anstalten für angewandte Botanik. Keine Universität hat ein Institut für wissenschaftliche Bakteriologie; aber jede hat wenigstens ein Institut für angewandte Bakteriologie (Hygiene, Milchwirtschaft, Bodenbakteriologie, Tierseuchen, Gärungsgewerbe usw.).

Das rein wissenschaftliche Studium der Bakterien hat nicht nur Bedeutung für die Landwirtschaft, Medizin und Gärungsindustrie, sondern auch für andere Wissenschaften, namentlich für die Botanik und die allgemeine Physiologie. Die Bakterien sind als einfachste Lebewesen mit zum Teil außerordentlich einfachem Stoffwechsel die geeignetsten Versuchsobjekte für viele Untersuchungen. Sie bieten einfachste Bedingungen, man kann bei ihnen Temperatur, Belichtung, Sauerstoffzufuhr und Nahrungsmenge auf das genaueste regeln, kann chemisch genau definierte Nährstoffe geben und die Stoffwechselprodukte genau nach Art und Menge bestimmen. Kein Versuchstier und keine Pflanze bietet ähnlich glückliche Bedingungen. Die Bedeutung der Bakterien für die Physiologie kann man aus *Pütters* Vergleichender Physiologie ersehen. Ihre Bedeutung wird noch sehr zunehmen, sobald die Bakteriologie aus dem Stadium der Hilfswissenschaft herausgekommen ist.

Um nun zu beweisen, daß diese Behauptungen über die Bedeutung der wissenschaftlichen Bakteriologie nicht übertrieben sind, seien als Gegenbeispiel die Vereinigten Staaten aufgeführt. Dort gab es schon vor dem Kriege Professoren für wissenschaftliche Bakteriologie (z. B. Cornell, Columbia, Illinois). Alle Zweige der wissenschaftlichen und angewandten Bakteriologie sind dort vereint in der Gesellschaft amerika-

nischer Bakteriologen, welche bei ihrer letzten Zusammenkunft in Chicago um Neujahr 1921 ein Drittel ihrer Zeit auf theoretische Bakteriologie verwandte. Dort wurde auch ein Vortrag über „Die Notwendigkeit abstrakter Bakteriologie“ gehalten, und zwar von keinem pro domo sprechenden Theoretiker, sondern vom Leiter der milchwirtschaftlichen Staatslaboratorien in Washington. Die Professur *Beijerincks* in Delft (Holland) entspricht ebenfalls den Bedürfnissen der theoretischen Bakteriologie.

Deutschland hat alle andern Länder in seinen chemischen Erzeugnissen dadurch übertroffen, daß es seine Industrie im engsten Anschluß an die Wissenschaft aufbaute. In den bakteriologisch beeinflussten Industrien ist Deutschland dagegen nicht führend, ausgenommen vielleicht die Brauindustrie. Aber auch da ist Dänemark mit seinem Carlsberglaboratorium vorangegangen, und Deutschland ist nicht mit einem Staatsinstitut, sondern mit einem privaten Institut für Gärungsgewerbe in Berlin gefolgt. Namentlich die Nahrungsmittelindustrie liegt sehr im Argen: Die Verluste sind groß und die Ware wird dadurch verteuert. Die Ursache liegt zum großen Teil daran, daß die Fabrikannten von der Bedeutung der Bakterien für ihren Betrieb gar nicht unterrichtet sind.

Es ist durch die Molkereischulen inzwischen hinlänglich bewiesen, daß die Bakteriologie auch Leuten mit Volksschulbildung ganz gut verständlich ist, denn sie arbeitet nicht mit abstrakten Begriffen wie die Chemie und Physik. Bakteriologische Kenntnisse sollten viel weiter verbreitet werden, z. B. in Haushaltungsschulen. Es scheint mir wünschenswert und durchführbar, daß auch im Fortbildungsunterricht derjenigen Kaufmannslehrlinge, welche in Nahrungsmittelbetrieben arbeiten, Bakteriologie unterrichtet würde.

Aber wichtiger als dieses ist zurzeit die amtliche Anerkennung der Bakteriologie als selbständige Wissenschaft und die daraus sich ergebende Förderung, die Schaffung einer Staats- oder Reichsanstalt für theoretische Bakteriologie.

Kiel, den 13. März 1921.

Otto Rahn.

Über phylogenetische Ableitung.

Bemerkungen zu den Ausführungen des Herrn *Petersen* in H. 49, S. 914 ff., 1920, dieser Zeitschrift.

Die von Herrn *Petersen* behandelten Probleme werden das lebhafteste Interesse bei allen für die Idee einer *theoretischen Biologie* interessierten Biologen wachgerufen haben, nicht zum wenigsten wohl dann, wenn sie dem Herrn Verfasser nicht in allem zustimmen können. So sei es mir gestattet, hier eine in manchen Hinsichten abweichende Auffassung kurz vorzutragen.

Darin wird wohl jeder Herrn *Petersen* beipflichten, wenn er sagt: „Was nicht durch eine Analogie an das Hier und das Jetzt angeschlossen werden kann, kann auch nicht mit irgendeinem Grade von Wahrscheinlichkeit als etwas Wirkliches oder wirklich Gewesenes angenommen werden.“ (S. 945, linke Spalte, oben.) Nur auf diesem Boden ist tatsächlich das, was man gewöhnlich kausale Wissenschaft nennt, möglich. Wäre nämlich alles Geschehen in der Natur absolut gleichförmig und identisch oder gar absolut ungleichförmig, so würde Naturwissenschaft unmöglich sein. Diese kann nur gedeihen in einer Welt der Ähnlichkeiten, woraus dann folgt, daß alles Vergangene der Gegenwart analog sein muß und daher von uns wissenschaftlich begriffen werden

kann. Die eben genannten beiden Unmöglichkeiten stellen sich bei eingehenderer logischer Analyse übrigens auch als Widersprüche, als „hölzerne Eisen“, heraus.

Auch darin wird man unserem Autor beipflichten, daß ein *Zustand*, der definiert ist als ein „Momentbild aus dem Vorgang“, ein „Querschnitt des Kontinuums“, für die Ableitung der betr. Vorgänge nicht in Frage kommen kann. Eben darum aber hat sich doch die Naturwissenschaft, wo es sich um Vorgänge handelt, einen ganz anderen Begriff des „Zustandes“ geschaffen, den — Differentialquotienten des Vorganges nämlich, der, ohne selbst Zustand im strengen logischen Sinne zu sein, es gleichwohl gestattet, die Eigenschaften jedes „Zustandes“ eines Vorganges mit beliebiger Genauigkeit zu bestimmen. Das ist die große Leistung der Differentialrechnung. Hierauf glaube ich hinweisen zu müssen, um ein Mißverständnis von vornherein abzuwehren, das die an sich richtige Scheidung von Zustand und Differential, die Hr. *Petersen* gibt, nahelegen könnte. So spielen nach meiner Meinung z. B. auch die Schnittpräparate einer histologischen oder embryologischen Serie nicht die logische Rolle von Zuständen, sondern von Differentialen. Sie sind schon a priori durch ihre Zugehörigkeit zu ihrer Serie, dem „Vorgang“, determiniert und daher ohne logisches Bedenken auch für die Deutung des Vorganges verwendbar.

Sind also die Ableitungen, die die Phylogenie liefert, logisch als solche von „Zuständen“ auf Vorgänge oder als solche von Differentialen, wie ich kurz sagen möchte, auf Vorgänge, als Integration also, zu charakterisieren? Das ist meines Erachtens das Problem, dessen Diskussion man von unserm Autor nach seiner verheißungsvollen methodologischen Einleitung hätte erwarten dürfen. Tatsächlich ist ihm dies Problem, wie mir scheint, bei seinen Hauptdarlegungen über Phylogenie wieder entglitten. Denn das „Hier und Jetzt“ gilt genau so von den Differentialen wie von den „Zuständen“, wie sie der Verfasser meint.

Wenn ich Hrn. *Petersen* recht verstehe, schließt er nun folgendermaßen weiter: Das „Hier und Jetzt“ ist in der Phylogenie nun so beschaffen, daß es keinen Aufbau von Stammbäumen, den phylogenetischen „Vorgängen“, aus ihm gestattet. „Wir haben nur kleine und kaum brauchbare Stücke einer Phylogenie, eines Stammbaumes, in der Hand, und als Analogiebasis für die Stammbaumgeschichte sind sie äußerst schwierig zu verwenden.“ Alle Geheimnisse der Vererbungslehre und Entwicklungsmechanik haben sich vor das Problem der Phylogenie geschoben.“ (S. 945 rechte Spalte, unten.) Infolgedessen sei Phylogenie nicht auf exakt genealogischer, sondern nur auf psychologischer, vitalistischer, entelechialer Basis möglich.

In all diesen Darlegungen, so interessant sie an sich zweifellos sind, vermag ich nichts Zwingendes anzuerkennen. Wahr ist ja zweifellos, daß in der Phylogenie viel zu viel ins Blaue hinein Stammbäume zurechtphantasiiert sind. Besonders schlimm steht es in dieser Hinsicht, auch darin wird man dem Verfasser beipflichten, mit den berühmten „Zwischengliedern“. Daß solche da, wo sie nicht paläontologisch nachweisbar sind, nicht immer angenommen werden müssen, um Deszendenz behaupten zu können, das ist ohne Frage ein Ergebnis der Mutationstheorie.

Tatsächlich ruht aber die Phylogenie auf weit sichererer Basis als dem wenigen „Hier und Jetzt“. Mir will es scheinen, als ob Hr. *Petersen* die Rolle, die die Paläontologie als Stütze der Phylogenie doch tatsäch-

lich spielt, in seiner Arbeit vernachlässigt. Das uns zur Beurteilung phylogenetischer Ableitungen (Stammbäume) im „Hier und Jetzt“ fehlende Zeitmoment liefert uns doch gerade die Paläontologie in weitem Maße. Wir sind daher in der glücklichen Lage, die Phylogenie weit exakter als psychologisch-vitalistisch fundieren zu können. *Phylogenetische Ableitungen sind bei ähnlichen Formen dann immer erlaubt, wenn sie entweder*

1. örtlich nebeneinander oder
2. zeitlich nacheinander oder endlich
3. örtlich nebeneinander und zeitlich nacheinander vorkommen.

Der sicherste Fall ist natürlich der dritte. Die Begriffe *Ähnlichkeit* und *Verwandtschaft* sind also sehr wohl ohne Zirkel definierbar und können reinlich voneinander geschieden werden. *Verwandt sind eben nur die morphologischen Ähnlichkeiten miteinander, die die genannten Bedingungen erfüllen.* Alles übrige beruht auf Konvergenz.

Die Phylogenie kann daher einer psychologischen und vitalistischen Begründung durchaus entraten. Sie ist als eine völlig objektive Wissenschaft möglich, was man von vitalistischer Psychologie nicht sagen kann. Gleichwohl zeigt die Phylogenie, wie überhaupt alle reine Morphologie, den logischen Charakter einer historischen Disziplin; denn sie beschäftigt sich lediglich damit festzustellen, wie alles Organische so geworden ist, wie es ist. Das kausale Moment, *warum* es notwendigerweise so hat werden müssen, liegt einstweilen noch außer ihren Belangen. Hier wird sie durch die Physiologie der Entwicklung und Formbildung abgelöst und damit erst zu einer echten Naturwissenschaft, der alles Genetisch-Historische im Grunde fremd ist. Dieser Prozeß der Auflösung phylogenetischer Morphologie in Physiologie spielt sich ja gerade vor unsern Augen in der Entwicklungsmechanik, der physiologischen Cytologie und vor allem der exakten Erblichkeitslehre ab. Dadurch erhält eben die Biologie unserer Tage ihre historische Signatur. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, daß die Phylogenie abgewirtschaftet habe. Ganz im Gegenteil hat sie noch viele Aufgaben zu erfüllen. Das ist um so wichtiger hervorzuheben, als die herrschende Mode ihr wenig geneigt ist. Was Gott sei Dank vorbei ist, ist ihre Überschätzung. Innerhalb ihres Rahmens, den wir kurz zu umschreiben versuchten, hat sie aber noch Bedeutendes zu leisten.

Wenn wir sie als im Grunde „historische“ Disziplin zu kennzeichnen versuchten, so wünschen wir die Phylogenie damit keineswegs „psychologischen Konjekturen“ auszuliefern. Zwar ist die *Soziologie* nicht anders als auf psychologischer Grundlage als Wissenschaft möglich, keineswegs aber die Historie als wissenschaftliche Methode schlechthin — und nur als solche kommt sie hier in Frage. Auch die Geologie, soweit sie „Geschichte“ der Erde ist, ist eine historische Disziplin. Bedarf sie darum „psychologischer Konjekturen“? Im Gegenteil kann man in der Historie durchaus eine Tendenz, ohne Psychologie auszukommen, nicht wohl verkennen, auch da, wo es kaum möglich ist, in der politischen Geschichte.

Es steht also nicht gut um den Vitalismus als Grundlage der Phylogenie. Der Vitalismus freilich, soweit er nicht im Reinkritischen haften bleibt, ist entweder psychologisch (Driesch, Reinke, K. C. Schneider) oder metaphysisch (Bergson, Becher) orientiert. Die Biologie aber auf Psychologie zu gründen, das halte ich, wie ich in einer kürzlich erschienenen Ar-

beit nachzuweisen versucht habe¹⁾, für eine gänzliche Verkehrung der wirklichen Verhältnisse. *Nicht die Biologie ist von der Psychologie, sondern diese von jener logisch abhängig.* —

Endlich erlaube ich mir noch, einen offenbaren Druckfehler der trotz aller notwendigen Kritik äußerst dankenswerten Arbeit Hrn. Petersens klarzulegen. Im Literaturverzeichnis muß es unter 13. statt: „Becher, Über individuelle Zweckmäßigkeit der Pflanzenzellen . . .“ heißen: Becher, „Die fremddienliche Zweckmäßigkeit der Pflanzengallen und die Hypothese eines überindividuellen Seelischen. Leipzig 1917.“

Göttingen, den 20. Dezember 1920.

Adolf Meyer.

Erwiderung.

Zu den Bemerkungen Herrn Dr. Meyers erlaube ich mir, einiges richtig zu stellen. Nicht ich habe die Phylogenie auf Psychologie und Vitalismus gegründet, sondern diejenigen tun es, die das, was sie sich denken können und aus psychologischen und logischen Gründen für wahrscheinlich halten (innere Wahrscheinlichkeit), zum Maßstab der Ergründung dessen machen, was vor einigen hunderttausend Jahren auf unserer Erde passiert ist. Die Geologen tun so etwas bekanntlich nicht, sondern beobachten heutige Vorgänge und erschließen daraus vergangene. Die Daten der Paläontologie zu verwerten, fehlt der Schlüssel. Um die Brücke zwischen Ähnlichkeit und Verwandtschaft zu schlagen, brauche ich Erfahrungen über den Zusammenhang zwischen Ähnlichkeit und Verwandtschaft, und zwar im Hier und Jetzt.

Heidelberg, den 4. April 1921.

Hans Petersen.

Nochmals die Analysis der Absterbeordnung.

Herr Gumbel hat bereits in Heft 9 der Naturwissenschaften darauf hingewiesen, daß die von Herrn Küpfmüller im 2. Heft aufgestellte Sterbeformel keineswegs neu ist. Da Ähnliches auch von den im 11. Heft des vorigen Jahrgangs von Herrn Pütter aufgestellten Formeln gilt, seien hier noch einige grundsätzliche Bemerkungen gemacht. Für die Funktion l_x , die die Zahl der Lebenden in Abhängigkeit vom Alter x darstellt, gibt es außerordentlich viele Formeln. Alle sind selbstverständlich in den allgemeinsten Formen der unendlichen Potenzreihe oder den Brunsschen Exponentialreihen enthalten. Spezieller ist die Quiquetsche Formel²⁾:

$$\log l_x = A + Bx + e^{v_n x} \cdot f_n(x),$$

wo die v_n Konstante und die $f_n(x)$ Funktionen von x sind. Die Püttersche Formel, die übrigens bei richtiger Durchführung der Annahmen auf die alte Gompertz-Makehamsche Formel:

$$l_x = k \cdot s^x \cdot g^{c^x}$$

geführt hätte, lautet:

$$l_x = k \cdot e^{-cx} \cdot e^{ax}$$

Sie sowie die beiden Küpfmüllerschen Formeln, von denen die zweite mit der Gompertzschen identisch ist,

$$\log l_x = A + B \cdot \log(l - C \cdot e^{-Dx})$$

und

$$l_x = k \cdot g^{c^x}$$

sind in der allgemeinsten Form der Quiquetschen Formel enthalten. Die Püttersche Formel ist übrigens

¹⁾ „Die mechanistische Idee in der modernen Naturwissenschaft“. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1920, Nr. 50.

²⁾ Vgl. z. B. N. R. Jörgensen, Grundzüge einer Theorie der Lebensversicherung, Jena 1913.

auch als Spezialfall in der Oppermannschen Sterbformel enthalten, die folgende Annahme macht:

$$\mu_x = (a + bx)e^{cx} + d \cdot e^{fx}$$

Letztere Formel hat allerdings für die Lebensalter von 15–90 Jahren durchaus brauchbare Werte geliefert. Die bekannte englische Tafel H. M. 3 ist mit ihr ausgeglichen worden.

Wenn aber die beiden Verfasser die Brauchbarkeit ihrer Formeln an vorliegenden Sterbetafeln prüfen, so steckt darin der schwere Fehler, daß diese Tafeln bereits mit irgendeiner Formel ausgeglichen sind und daher für die größere Brauchbarkeit der einen oder der anderen Form gar nichts aussagen. Außerdem ist es unzulässig, die Konstanten, namentlich weil aus ihnen auch andere Schlüsse gezogen werden, einfach aus beliebig gewählten Werten zu entnehmen, für einen Vergleich der Formeln mit dem statistischen Material wäre lediglich die Methode der kleinsten Quadrate maßgebend. Die Bedeutung der Untersuchungen von Pütter und Küpfmüller liegt nur darin, daß sie eine physiologische Untersuchung der Sterbformeln angeregt haben, weitere Experimente müßten aber erst die Entscheidung bringen. Vorläufig schweben daher auch die Folgerungen über die Bedeutung der Konstanten in den Gleichungen in der Luft. Daß c in der Gompertz-Makehamschen Formel für die verschiedenen menschlichen Sterbetafeln annähernd denselben Wert annimmt, war übrigens auch schon bekannt.

Hamburg, den 25. März 1921. P. Riebesell.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 7. Februar teilte Geheimrat Reichenow mit, daß Professor Schalow sein Amt als Vorsitzender der Gesellschaft niedergelegt hat und infolgedessen eine Neuwahl des Vorstandes stattfand. Zum 1. Vorsitzenden ist Oberstleutnant a. D. von Lucanus, zum 2. Vorsitzenden Graf Zedlitz und Trützschler gewählt. Oberstleutnant v. Lucanus bedankte sich für das ihm erwiesene Vertrauen und sprach dem bisherigen Vorsitzenden, Professor Schalow, für die großen Verdienste, die er sich um die Entwicklung der Gesellschaft und die Förderung der ornithologischen Wissenschaft erworben hat, den wärmsten Dank der Gesellschaft aus. Graf Zedlitz hielt einen Vortrag über die nach dem Kriege im Ausland erschienene ornithologische Literatur und wies besonders auf die systematischen Arbeiten von Hartert in Tring und Domaniewski in Warschau hin.

In der Sitzung am 7. März hielt Oberstleutnant v. Lucanus einen Vortrag über die **Beziehungen zwischen Vogelzug und Witterung** und führte folgendes aus: Die österreichischen und ungarischen Ornithologen haben sich dieser Frage mit besonderem Eifer gewidmet und sie in den Zeitschriften „Aquila“ und „Schwalbe“ in zahlreichen Aufsätzen eingehend behandelt. Nach Hegyfoký wird der Zug durch gutes Wetter mit steigender Temperatur beschleunigt, durch Depressionen mit fallender Temperatur dagegen verzögert. Eine Ausnahme macht nach seinen Untersuchungen die Rauchschwalbe, die auf ihrem Zuge die Depressionen bevorzugt. Gallenkamp, der ebenfalls die Zugverhältnisse der Rauchschwalbe auf Grund eines sehr umfangreichen Zugmaterials untersucht hat, kommt jedoch zu einem entgegengesetzten Ergebnis, nämlich daß die Rauchschwalbe ebenso wie die übrigen Zugvögel mit Vorliebe bei hohem Luftdruck ihre Zug-

bewegungen ausführen. Nach Hübner soll sich der Frühjahrszug dem Verlauf der Isothermen anlehnen. Dieser Auffassung widerspricht jedoch die Erscheinung, daß der Frühjahrszug bedeutend schneller verläuft als das Vorrücken der Isothermen. Die Wanderung der Isothermen von Afrika bis zum Nordkap dauert ein halbes Jahr, während der Zugvogel seine Reise von Afrika bis zum nördlichen Europa in längstens einigen Wochen ausführt. Braun schreibt den Haupteinfluß den Windströmungen zu, die die Zugvögel zum Aufbruch veranlassen und sie auf ihren Wanderungen leiten. Im Gegensatz hierzu stehen die Berichte der Vogelwarte Rossitten, aus denen hervorgeht, daß die Zugvögel bei jedem Winde ziehen, sowohl gegen den Wind, wie mit dem Winde oder bei Seitenwind. Bretscher hat auf Grund eines nach vielen Tausend Zugdaten zählenden Materials den Zusammenhang des Vogelzuges mit der Witterung untersucht und ist zu dem Ergebnis gekommen, daß die Witterung keinen Einfluß auf die Zugbewegungen der Vögel ausübt. In seiner interessanten und sehr lesenswerten Arbeit „Der Vogelzug im schweizerischen Mittelland in seinem Zusammenhang mit den Witterungsverhältnissen“ (Neue Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft Band II, Abh. 2) weist er nach, daß Zugbewegungen im starken Umfange sowohl bei hohem wie bei niedrigem Luftdruck, bei warmer wie bei kalter Temperatur sowie bei jeder Windströmung stattfinden, und daß es daher nicht möglich ist, irgendeine Abhängigkeit des Zuges vom Wetter herauszufinden. Auch auf den Beginn und den Verlauf des Zuges üben nach Bretscher die Temperaturverhältnisse keinen Einfluß aus. So kann z. B. der Zug einer bestimmten Art in einem Frühjahr trotz niedriger Durchschnittstemperatur sehr früh beginnen, in einem anderen Jahr trotz hoher Durchschnittstemperatur sehr spät. Früher und später Zug, niedrige und hohe Durchschnittstemperaturen wechseln ganz willkürlich miteinander ab. Ebenso steht auch der kürzere oder längere Verlauf des Zuges in gar keiner Beziehung zu der Durchschnittstemperatur. Diese Untersuchungen Bretschers, die durch statistische Tabellen in vorzüglicher Weise erläutert werden, verdienen für die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Vogelzug und Witterung die größte Beachtung. Mit ihnen stehen die Erfahrungen, die seit 2 Jahrzehnten auf der Vogelwarte Rossitten gesammelt werden konnten, durchaus im Einklang. Aus den Berichten der Vogelwarte geht hervor, daß sich kein inniger Zusammenhang zwischen dem Zuge und dem Wetter erkennen läßt. Während sich das eine Mal bei naßkaltem, windigem Wetter kein Vogelzug bemerkbar macht, erscheinen an einem anderen Tage mit derartiger Witterung zahlreiche Zugvögel. Mitunter haben wir bei klarem warmen Wetter guten Zug, ein andermal dagegen fehlt bei schönem Wetter jede Zugbewegung, selbst wenn nach vorausgegangenen ungünstigen Tagen das Einsetzen eines starken Zuges eigentlich zu erwarten war.

Nach dem heutigen Stande der Wissenschaft läßt sich die von vielen Autoren vertretene Ansicht, daß der Vogelzug in enger Verbindung zu den meteorologischen Verhältnissen steht, nicht aufrechterhalten. Nur gewisse abnorme Witterungserscheinungen, wie Nebel und Sturm, zwingen die Vögel ihre Reise vorübergehend einzustellen, weil sie sich im ersteren Falle nicht orientieren können und im letzteren Fall ihnen die Möglichkeit des Fliegens genommen wird, ebenso wie im Frühjahr plötzlich eintretender Schneesturm

und starke Kälte die Vögel mitunter zu rückläufigen Zugbewegungen veranlaßt, um dem Hungertode zu entgehen. Dies ist wohl der einzige Zusammenhang, der zwischen Vogelzug und Witterung besteht, und der nur eine untergeordnete Rolle spielt, aber nicht jene Bedeutung besitzt, die man so oft der Witterung zugelegt hat.

Friedrich von Lucanus, Berlin.

Botanische Mitteilungen.

Über Korrelationen zwischen den Blütenteilen und den geotropischen Bewegungen der Blütschäfte.

(Helene Schulz, Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921.) Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Blütenstiele vom Knospenstadium an bis zur Fruchtreife oft sehr auffällige Krümmungsbewegungen vollziehen. In vielen Fällen ist der Nachweis geglückt, daß diese Vorgänge durch die Schwerkraft geleitet werden; es handelt sich also um geotropische Reaktionen, und die Lageänderungen, die seitens der Blütenstiele während ihres Entwicklungsverlaufs vorgenommen werden, beruhen auf Stimmungsänderungen. So ist die nickende Stellung der Mohnblüten im Jugendzustand darauf zurückzuführen, daß die Blütenstielspitze positiv geotropisch ist. Das mit dem Aufblühen Hand in Hand gehende Aufrichten des Schaftees ist bedingt durch den Übergang zu negativ geotropischem Verhalten. Vöckting, der eingehend über Papaver (Mohn) arbeitete, gelangte zu der Auffassung, daß die positiv geotropische Krümmung vom Fruchtknoten aus dirigiert wird, so daß dort, und nicht im Blütenstiel selbst, der Sitz der Reizperzeption zu suchen wäre. Vöckting gelangte zu seiner Auffassung durch folgende Versuchsergebnisse: 1. Schneidet man die ganze Blütenknospe ab, dann richtet sich der Stengel auf, 2. schneidet man alle Blütenkreise bis auf den Fruchtknoten ab, dann bleibt die nickende Lage erhalten; 3. amputiert man bloß den Fruchtknoten, dann richtet sich der Stiel auf: also, bloß bei vorhandenem Fruchtknoten positive geotropische Reaktion. Die Auffassung Vöcktings, wonach also eine Trennung von Perzeptions- und Reaktionszone vorhanden wäre und der Fruchtknoten eine Art „Sinnesorgan“ für Schwerkraftreize darstellte, hat viel Verbreitung gefunden. Es ist daher von großer Bedeutung, daß in neuester Zeit Helene Schulz im Anschluß an unveröffentlichte Versuche von Fitting auf sehr breiter experimenteller Grundlage zu ganz anderen Ergebnissen gelangte. Sie konnte nachweisen, daß dekapitierte Schäfte je nach der Entwicklungsphase entweder zu positiver oder zu negativer Reaktion befähigt sind. Es besteht hier also ein wesentliches, noch nicht in allen Punkten geklärter Gegensatz zu den Resultaten Vöcktings. Entsprechend verhielten sich die meisten übrigen Versuchsobjekte von H. Schulz. Darnach kommt der Fruchtknoten als Organ für die Geoperzeption nicht in Frage. Eine gewisse Gruppe von Pflanzen schien hiervon eine Ausnahme zu bilden insofern, als hier das Eintreten der Befruchtung und die Entwicklung der Frucht für den Ablauf der geotropischen Umstimmung notwendig erschien. „Da aber auch innerhalb dieser Gruppe eine gewisse Selbstständigkeit des Stieles nachgewiesen werden konnte, derart, daß die Umstimmung im Stiel auch ohne die Frucht, wenn auch weniger deutlich, erfolgte (bei Galtonia, Allium, Holosteum, Stellaria), so scheint auch hier die Entwicklung der Frucht nicht der eigentliche Anlaß für die Umstimmung, sondern nur die Vorbedingung dafür

zu sein, daß die aus inneren Gründen im Stiele selbst ausgelöste Umstimmung sich stärker geltend macht.“ Das verfrühte Aufrichten der Papaverblüten beim Entfernen der Blütenknospe sowie die analogen vorzeitigen Umstimmungsvorgänge, die bei manchen anderen Objekten infolge des Dekapitierens oder sonstiger traumatischer Eingriffe eintraten, führt die Verfasserin darauf zurück, daß durch all diese Insulte das Wachstum gehemmt wird und infolgedessen die Pflanze den ganzen Entwicklungszyklus auf eine kürzere Spanne Zeit zusammendrängt. Doch wird diese Deutung mit dem notwendigen Vorbehalt vorgebracht.

Orientierungsbewegungen der Schaublütenstiele in der Gattung Hydrangea. (Kurt Noack, Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921.) Der Blütenstand von Hydrangea paniculata ist dadurch charakterisiert, daß es zu einem Dimorphismus der Blüten gekommen ist: in der Mitte stehen normale, fertile Blüten, die der Fortpflanzung dienen; die mehr oder minder sterilen Randblüten dagegen sind durch Vergrößerung und korallinische Färbung der Kelchblätter in auffällige Schauapparate umgewandelt. Bemerkenswert ist nun, daß die Stiele der Randblüten während der Blühperiode bestimmte tropistische Krümmungsbewegungen ausführen, die nach der Deutung von Noack, der diese Vorgänge einer eingehenden Untersuchung gewürdigt hat, einen besonderen biologischen Sinn besitzen. Anfänglich sind diese Stiele senkrecht nach oben gerichtet; später aber, gegen Ende Juli, findet eine Stimmungsänderung derart statt, daß sie sich in der umgekehrten Richtung, also senkrecht nach abwärts krümmen und somit die Unterseite der Blüte nach oben gewendet wird. Gleichzeitig damit geht Farbänderung Hand in Hand. Die ursprünglich leuchtend weiße Farbe der Kelchblätter geht verloren, dafür färbt sich die Unterseite kräftig rot, während die Oberseite einen unscheinbaren gelbgrünen Ton annimmt. Die Neuorientierung der Blüte hat nun zur Folge, daß die rote, offenbar als Schauapparat dienende Unterseite nach außen gekehrt wird. Diese Krümmungsvorgänge sind zweifellos geotropisch bedingt. Stellt man nämlich junge Blüten invers auf, dann führen sie eine Krümmung von 180° aus, so daß sie wieder die negative geotropische Reizlage erreichen. Führt man dasselbe Experiment mit alten, also schon abwärts gewendeten Blüten aus, dann macht sich wieder eine Bewegungsumkehr bemerkbar, die allerdings nicht zu erneuter Abwärtsstellung führt, vielmehr wird — wohl infolge des fast erloschenen Wachstums — bloß Geradestreckung oder schwache Neigung nach unten erzielt. Daß die Schwerkraft bei diesen Reaktionen maßgebend ist, geht unter anderem daraus hervor, daß die Krümmungen sich am Klinostaten, der die einseitige Wirkung der Erdschwere aufhebt, ausgeglichen werden. Biologisch ist das Verhalten der Randblüten derart zu interpretieren, daß sie im ersten Stadium der Anlockung der Insekten zum Zwecke der Befruchtung dienen, während das zweite Stadium auf den Besuch durch Vögel abzielt, welche die Samen verbreiten sollen und deren Vorliebe für rote Farbtöne ja bekannt ist.

Über polare elektronastische Erscheinungen. (K. Stern, Ber. d. D. bot. Ges. 39, 1921.) Der Einfluß elektrischer Reize auf die Bewegungserscheinungen pflanzlicher Organismen ist schon seit langer Zeit und von den verschiedensten Forschern untersucht worden. Je nach der Art des Reaktionsbildes redet man von elektrotaktischen, elektrotropischen und elektro-

nastischen Erscheinungen. Elektrotaktische Reaktionen treten am auffälligsten bei der Gruppe der Cilien — die allerdings dem Tierreich angehört — auf. Sie äußern sich darin, daß die Organismen, wenn man einen elektrischen Strom durch das flüssige Milieu leitet, entweder der Kathode oder der Anode zu schwimmen. In ähnlicher Weise verhalten sich die Wurzeln mancher höheren Pflanzen, nur daß an Stelle der Schwimmbewegung eine gerichtete Krümmung tritt: die Wurzeln wenden sich entweder dem $+$ - oder dem $-$ -Pol zu: Elektrotropismus. Für die elektrotastischen Reaktionen ist es bezeichnend, daß die ausgelöste Krümmung ihrer Richtung nach unabhängig ist von der Richtung des einwirkenden Reizes, daß sie in einer innerlich vorbestimmten Bahn erfolgt: so klappen bei *Mimosa pudica* die Fiederblättchen nach oben, während sich der Blattstiel senkt. Die elektrotastischen Reaktionen der Sinnpflanze wurden — wie Stern in seinem historischen Überblick zeigt — schon 1776 von Comus beobachtet: er konnte feststellen, daß sich die Blattfiederchen bei Annäherung einer Leidener Flasche zusammenlegen. Später beschäftigten sich dann Ritter und Bose mit derselben Erscheinung. Bose ging von dem Experimentieren mit polarisierbaren Goldblattelektroden zu solchem mit unpolarisierbaren Tonfilterelektroden über und schaltete so den Einwand aus, daß es sich bei dem Erfolg lediglich um eine Wirkung der gleichzeitig entstehenden H- und OH-Ionen handelte. Gleichzeitig variierte er die Stromstärke und Stromspannung und dehnte seine Versuche auf neue Objekte (*Biophytum*, *Phyllanthus*, *Averrhoa* und *Neptunia*) aus. — In derselben Richtung liegen die neuen Versuche Sterns, die neben einer Bestätigung alter Erfahrungen auch einiges neue Tatsächliche bringen. Stern arbeitete mit Wechselstrom und Kondensatorentladungen und variierte die Spannung bis 250 Volt. Seine Objekte waren Staubgefäße von *Berberis* und Blätter von *Mimosa* und *Biophytum*. Beim Sauerdorn (*Berberis*) wurden die Elektroden entweder an die Narben oder an 2 Kronblätter benachbarter Blüten angelegt. Je nach den Versuchsbedingungen traten Reaktionen am positiven oder negativen oder an beiden Polen auf: die Staubfäden krümmten sich einwärts. Bei *Biophytum* erfolgte der Kontakt an zwei Fiederpaare ein und desselben Blattes, und es ergab sich, daß die Reaktion — Zusammenlegen der Fiederblättchen — am negativen Pol begann, dann bis zum positiven Pol fortschritt und oft noch darüber hinausgriff. Bei *Mimosa* war das Reaktionsbild von der Stärke der Spannung abhängig sowohl in Versuchen, die sich auf das Hauptgelenk, als auch in solchen, die sich auf die Seitenfiederchen erstreckten. Bei 40 Volt Spannung erschien bei *Mimosa* Spegazzini eine Reaktion am positiven, bei *M. pudica* eine solche am negativen Pol; bei 250 Volt waren die Verhältnisse umgekehrt. Es war eine Umstimmung eingetreten. Solche Umstimmungen erfolgen auch aus inneren Ursachen. Hierher gehört die Tatsache, daß die Mimosen ihr Verhalten der Anode und der Kathode gegenüber im Laufe ihrer Ontogenese ändern können. Wie die elektronastischen Erscheinungen im einzelnen zu deuten sind, ist noch ungeklärt. Auf jeden Fall handelt es sich um Vorgänge, „deren Zurückführung auf bekannte physikalisch-chemische Erscheinungen eine der wichtigsten Aufgaben der Elektrophysiologie ist“.

Über traumatotrope und haptotrope Reizleitungsvorgänge. (Peter Stark, Jahrb. f. wissensch. Bot. 60, 1921.) In früheren Versuchen, über die in dieser Zeit-

schrift ebenfalls berichtet wurde, konnte der Nachweis erbracht werden, daß Getreidekeimlinge auf einseitige Wund- oder Berührungsreize mit einer deutlichen Reaktion zu antworten vermögen: sie krümmen sich der gereizten Flanke zu. Diese Krümmung greift in erheblichem Maße über die gereizte Zone hinaus: Der Reiz vermag über beträchtliche Strecken von der Perzeptionszone hinweg spitzwärts oder basalwärts geleitet zu werden. Diese Reizleitungsvorgänge wurden nun einer eingehenden Analyse unterzogen. Keimlinge von Hafer, Gerste, Weizen und Roggen wurden in der Spitzenregion durch einseitige Verwundung oder durch einseitiges Reiben mit einem Korkstäbchen gereizt und hierauf dekapitiert, ehe sich die Krümmungsreaktion bemerkbar machte; dann wurde die Spitze mit besonderer Methodik genau in der ursprünglichen Orientierung wieder auf den zugehörigen Stumpf aufgesetzt. Sollte nunmehr der Reiz von der Spitze nach der Basis wandern, dann mußte er die Schnittfläche überschreiten, d. h. eine Zone, in der der lebendige Zusammenhang des Gewebes unterbrochen war. Wenn dies gelingt, dann ist damit der Nachweis erbracht, daß die Reizleitungsvorgänge keine lebendige Kontinuität zwischen Spitze und Basis voraussetzen. Tatsächlich zeigte der Erfolg, daß die Krümmung ungehindert über die Schnittfläche fortschreitet. Denselben Nachweis hat schon vorher Paál für den Phototropismus beim Hafer erbracht, und er hat mit Recht daraus gefolgert, daß das Überschreiten der Schnittfläche auf Diffusionsvorgänge zurückzuführen ist. Offenbar liegen die Verhältnisse beim Haptotropismus und Traumatotropismus (Kontakt- und Wundkrümmungen) ganz entsprechend. Der äußere Reiz bedingt chemische Umsetzungen an der Reizflanke, es wird eine chemische Polarität geschaffen, und diese schreitet basalwärts vor. Wenn dem so ist, dann muß man traumatotropische Reaktion im Stumpf auch in ganz anderer Weise erzielen können; man setzt nicht einseitig gereizte Keimlingsspitzen auf, sondern setzt an die Schnittfläche einseitig Gewebefragmente, die sich ja ebenfalls im traumatisch gereizten Zustand befinden oder Extrakte aus verwundeten Keimpflanzen, die den „Wundstoff“ enthalten, an. Es wird dann auf Umwegen dieselbe Polarität erreicht wie in den zuerst geschilderten Versuchen mit aufgesetzten Spitzen. Und wirklich treten auch hier Krümmungen auf, die der Flanke zugewendet sind, auf welche die Wundstoffe einwirken. — Man kann also das wirksame Agens extrahieren. Es wäre eine dankenswerte Aufgabe, die chemische Natur der maßgebenden Stoffe aufzudecken. Doch erfordert dies sehr mühsame Untersuchungen. Bis jetzt ist die Einengung nur in einem bestimmten Punkte geglückt. Es gelang, den Nachweis zu erbringen, daß es sich um einigermaßen spezifische Stoffe handelt. Der Weg, dies zu ermitteln, ist naheliegend: man setzt die dekapitierte, einseitig gereizte Spitze nicht auf den zugehörigen Stumpf, sondern auf ein fremdes Individuum, eine fremde Art oder eine fremde Gattung. Dabei offenbart sich ganz deutlich, daß der Erfolg mit dem systematischen Abstand von Spitze und Unterlage gesetzmäßig verringert wird. Am leichtesten glückt die Reizübertragung auf den Stumpf desselben Individuums; schon beim Übergang zu anderen Arten derselben Gattung, also *Avena sativa* auf *A. nuda*, *Triticum sativum* auf *T. spelta* usw., findet eine merkliche Abschwächung statt, die noch stärker hervortritt, wenn man verschiedene Gattungen derselben Unterfamilie, also beispielsweise *Triticum* mit *Secale*,

Secale mit Hordeum, Hordeum mit Triticum kombiniert. Geht man noch weiter, sucht man also den Reiz auf den Vertreter einer anderen Unterfamilie zu übertragen, etwa von Avena auf Secale oder von Triticum auf Avena, dann verlaufen die meisten Serien ergebnislos. Das sind Beziehungen, die an die bekannten Eiweißreaktionen erinnern. Das will nicht besagen, daß hier wirklich Eiweißstoffe mit im Spiele sind, vielmehr dürfen wir aus der Analogie bloß die Vermutung ableiten, daß es sich ebenfalls um komplizierte organische Verbindungen handelt, die einer einheitlichen chemischen Gruppe angehören und die nach dem Verwandtschaftsgrad der Arten gestaffelt sind in der Weise, daß mit der systematischen Distanz die Änderungen im Molekül um so stärker hervortreten. Das setzt gleichzeitig voraus, daß auch die Sensibilität diesen Stoffen gegenüber bei den einzelnen Arten gestaffelt ist, und daß infolgedessen eine Reizübertragung um so eher gelingt, je größer die Übereinstimmung mit dem arteigenen „Wundstoff“ ist.

Die induzierte Phototaxis bei *Paramecium caudatum*. (P. Metzner, Biochem. Zeitschr. 113, 1921.) In früheren Versuchen wurde gezeigt, daß die Bakterie *Spirillum volutans* durch Zusatz von photodynamisch wirksamen Substanzen in die Flüssigkeit zu negativ phototaktischen Reaktionen veranlaßt werden kann. Neue Erfahrungen zeigten, daß es sich hier offenbar um eine weiter verbreitete Erscheinung handelt. Die Experimente erstreckten sich hauptsächlich auf das Pantoffeltierchen *Paramecium caudatum*, das sich normalerweise den Strahlen des sichtbaren Spektrums gegenüber als indifferent erweist. Durch Einwirkung photodynamischer Substanzen — vor allem Erythrosin und Eosin — in niederen Konzentrationen gelingt es auch hier, neuartige Erscheinungen auszulösen, und zwar ist das Reaktionsbild je nach den äußeren Versuchsbedingungen verschieden. Die Versuche wurden direkt auf dem Objektträger unter dem Mikroskop angestellt. Als Lichtquelle diente eine Bogenlampe, deren Strahlen mittels eines Spiegels auf das Präparat geleitet wurden in der Weise, daß ein scharf umgrenztes Lichtfeld zustande kam. Es ergab sich nun, daß sich bei starker Lichtintensität die Paramäcien im Lichtfeld ansammeln, rein mechanisch, denn sie sterben ab und verlieren ihre Beweglichkeit; bei schwächerer Intensität finden negativ phototaktische Reaktionen statt: das Lichtfeld verödet. Bei noch weiterer Abschwächung schlägt die Reaktion um: die Organismen werden positiv phototaktisch, wandern aktiv dem Lichte zu. Dieselben Abstufungen des Reaktionsbildes können durch Änderung der Sauerstoffkonzentration oder der Farbstoffkonzentration erzielt werden. Die Reaktionszeit für die induzierte negative Phototaxis geht bis auf 0,1 Sek. herunter. Es genügt, um einen Erfolg auszulösen, einen Teil des Infusors zu belichten. Interessant ist das Verhalten im Lichtspektrum; es findet hier — bei positiver Intensitätslage — keine gleichmäßige Ansammlung statt, sondern die Absorptionsbänder des Farbstoffs rufen die stärkste Anlockung hervor, die Zwischengebiete veröden. Es wird also in gewissem Sinn das Absorptionsspektrum des Farbstoffes abgebildet, aber — und das ist das Wichtige — nicht das des in der Flüssigkeit gelösten, sondern das des im Organismus gebundenen Farbstoffes, das gegen jenes etwas verschoben ist. Das deutet darauf hin, daß es sich bei der künstlich induzierten Phototaxis um eine Innenwirkung handelt, für die Vorgänge im Plasma selbst maßgebend sind. Auch in den neuen Versuchen ergeben sich wie-

der mannigfache Beziehungen zwischen künstlicher und natürlicher Phototaxis, und das weist darauf hin, daß zwischen der Wirkungsweise der zugeführten photodynamisch wirksamen Stoffe und der bei den an sich phototaktischen Organismen vorhandenen photochemisch wirkenden Farbstoffe (Bakteriopurpurin, Chlorophyll) irgendwelche Analogien bestehen, die im einzelnen noch nicht aufgedeckt sind, deren Ermittlung aber eine wichtige Klärung des Wesens der Phototaxis bringen könnte.

Experimentelle Vererbungsstudien an Infusorien.

(V. Jollos, Zeitschr. f. indukt. Abst. 24, 1921.)

Man unterscheidet in der Vererbungslehre scharf zwischen *Modifikationen*, das sind durch die Milieubedingungen verursachte Abwandlungen vom Normaltypus, die nicht auf die Nachkommenschaft übertragen werden, und *Mutationen*, die auf einer Veränderung der Erbsubstanz beruhen und daher, wenn sie einmal aufgetreten sind, von Generation zu Generation wiederkehren. Zahlreiche Versuche sowohl auf pflanzlichem wie auch auf tierischem Gebiet (Bakterien, Algen, Pilze, Ciliaten, Daphniden) haben indes ergeben, daß sich diese Begriffsbestimmung für die Modifikationen nicht allenthalben durchführen läßt, und sie haben zur Aufstellung des Begriffs der *Dauermodifikationen* geführt. Für diese Dauermodifikationen ist es bezeichnend, daß die aufgezwungene Veränderung auch bei Rückkehr unter normale Verhältnisse in der nächsten oder in mehreren folgenden Generationen festgehalten werden kann. Dies gilt von den Verschiebungen der Kopfhöhe bei den Daphniden unter dem Einfluß besonderer Ernährungs- und Temperaturbedingungen, dies gilt vor allem von den induzierten Veränderungen bei Ciliaten, besonders beim Pantoffeltierchen (*Paramecium*). Jollos ist es gelungen, Paramäcien an Gifte (arsenige Säure) und hohe Temperaturen, denen sie normalerweise nicht gewachsen sind, durch stufenweise Übertragung zu gewöhnen, und in manchen Fällen blieb diese Resistenz über zahlreiche Teilungsstadien erhalten — auch bei Zurückversetzung ins normale Milieu. Das galt aber in der Mehrzahl der Fälle bloß bei vegetativer Vermehrung durch Teilung: mit der Konjugation ging die neue Erwerbung sofort wieder verloren — oder aber (in einem Falle) blieb sie auch bei Kopulation dauernd erhalten, d. h. es lag offenbar eine Mutation vor. Damit schien sich eine deutliche Grenze für *Modifikationen* und *Mutationen* zu ergeben: das Überstehen des Geschlechtsakts. Die neuen Untersuchungen ergeben, daß diese Annahme irrig ist. Es handelt sich hier um Modifikationen, die durch Einwirkung von Ca-Salz hervorgerufen werden: die Teilungsfrequenz wird hier stark herabgesetzt. Bei rein vegetativer Vermehrung erfolgt äußerst langsame Rückkehr zu normaler Teilungsgeschwindigkeit, aber das Neuartige ist, daß auch bei parthenogenetischer Vermehrung und selbst bei Kopulation nicht sofort die ursprünglichen Verhältnisse hergestellt werden; es ist eine Abstufung vorhanden derart, daß eine Kopulation etwa drei aufeinanderfolgenden Parthenogenesen und 100 vegetativen Teilungen entspricht. Dauermodifikationen können also unter Umständen sogar den Sexualakt überstehen. Und doch gibt es ein Kriterium, das auch hier die Unterscheidung von Modifikation und Mutation ermöglicht. Besondere Erwägungen, die an das Verhalten der *Parameciumkerne* bei der Parthenogenese und Konjugation anknüpfen, deuten darauf hin, daß die Dauermodifikationen hier auf Veränderungen im Plasma beruhen, während von den Mutationen an-

genommen werden kann, daß die Wurzel ihrer Entstehung im Kerne liegt.

Die Verwertung der Mendelschen Spaltungsgesetze für die Deutung von Artbastarden. (R. Wettstein, Zeitschr. f. ind. Abst. 23, 1920.) Die bekannten Mendelschen Vererbungsgesetze geben uns ein Mittel in die Hand, die Nachkommenschaft von Bastarden im voraus zu berechnen, wenn die erbliche Konstitution der Ausgangsformen bekannt ist und nicht, wie in gewissen Fällen, besondere Komplikationen hinzutreten. Unter Umständen kann es nun von Wert sein, den umgekehrten Weg zu gehen, d. h. aus der Nachkommenschaft von Bastarden Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Ausgangsarten zu ziehen. Es ist dies z. B. dann der Fall, wenn es sich um gärtnerische Kreuzungen handelt, deren Herkunft unbekannt ist. Ein solches Beispiel behandelt Wettstein. Seine Untersuchungen beziehen sich auf die Gartenaurikel (*Primula hortensis*), die von Kerner auf *P. pubescens*, einen Bastard zwischen *P. auricula* und *P. hirsuta*, zurückgeführt wird. Ist diese Deutung richtig, dann müßten bei einer Selbstbefruchtung von *P. hortensis* in der nächsten Generation die beiden Großelterntypen gelegentlich wieder herausspalten; wie dies die Mendelschen Gesetze erfordern. Wettstein stellte auf Grund der Tatsache, daß *P. hortensis* — wenn auch geschwächt — sexuell vermehrbar ist, derartige Versuche an und die Tochtergeneration zeigte das für Artbastarde so typische Bild verwirrenden Formenreichtums. Unter den mannigfaltigen Typen befanden sich nun auch drei Individuen, die sich von der postulierten *P. hirsuta* nicht unterscheiden ließen, und eines, das mit *P. auricula* nahezu übereinstimmte. Es sind also die Großeltern Typen rein oder wenigstens fast rein herausgemeldet. Das deutet also auf die Richtigkeit der Kernerschen Interpretierung, ebenso wie die Tatsache, daß *P. pubescens* häufig in den Bauerngärten Tirols als Zierpflanze gezogen wird. Die kleinen Unterschiede zwischen *P. hortensis* und *P. pubescens*, die tatsächlich bestehen, sind möglicherweise auf Mutationen zurückzuführen.

Peter Stark, Leipzig.

Astronomische Mitteilungen.

Ein Aufsatz von F. E. Roß¹⁾ beschäftigt sich mit **Bildkontraktionen und Verzerrungen auf photographischen Platten**. Die Versuchsanordnung war folgende: Ein Blechstück erhielt eine kreisförmige Öffnung von 35 mm Durchmesser und beiderseits von ihr in gleichmäßig wachsenden Abständen je 5 Löcher von 1 mm Weite. Dieses Testobjekt wurde mehrfach photographiert, wobei die Kamera auf $\frac{1}{20}$ reduzierte. Bei 5 Aufnahmen mit wachsender Expositionszeit wurde die mittlere große Öffnung verdeckt, bei 5 anderen freigelassen. Diese 10 Expositionen wurden auf einer 2. Platte wiederholt. Der Entwickler für die 1. Platte (a) war Pyrometol, für die 2. (b) Chlorhydrochinon. Die Abstände diametral sich entsprechender Bilder der feinen Öffnungen wurden nun exakt ausgemessen, und zwar in nassem wie in trockenem Zustand der Platten; desgl. der Durchmesser des zentralen Bildes. Platte (b) zeigte in keiner Weise etwas besonders Auffälliges, auch (a) nicht bei den Aufnahmen ohne das zentrale Bild. Bei den Aufnahmen mit diesem hatte sich dagegen einmal dieses von 1,747 mm Durchmesser auf

1,638 mm, also um $\frac{1}{10}$ mm beim Trocknen verkleinert! Ebenso der Abstand der beiden Bilder der innersten Löcher um 41 μ , der 2 nächsten um 12 μ , dann weiter konstant um 5 μ . Das helle Zentralbild beeinflusst also die Lage der schwachen in einem beträchtlichen Umkreise. Durch weitere Aufnahmen untersuchte Roß die Abhängigkeit dieser Kontraktion von der Schwärzung und der Größe des zentralen Bildes. Die zugehörigen Kurven tragen in beiden Fällen exponentialen Charakter. Durch Betrachtung der Elastizitätsverhältnisse in der Gelatineschicht bei den verschiedenen photographischen Manipulationen sucht Roß eine Erklärung für diese Erscheinung. Den Einfluß verschiedener Entwickler zeigen einige beigegebene Mikrophotogramme, Querschnitte durch die so gewonnenen Bildchen. Pyroentwickler vertiefte die nasse Gelatineschicht an der belichteten Stelle beträchtlich, Hydrochinon dagegen wölbte sie ein wenig. — Von den photographischen Konsequenzen sei hier abgesehen und nur auf die astronomischen hingewiesen. Roß macht schon die Bemerkung, daß bei engen Doppelsternen der Abstand der Komponenten unter Umständen (je nach dem Entwickler oder auch aus anderen noch nicht bekannten Ursachen) zu klein erhalten werden kann. Hierher gehört auch eine Wahrnehmung bei Aufnahmen der Bonner Sternwarte: die Linien des Kontrollkopiergitters sind mitunter in Richtung auf das benachbarte Bild eines hellen Sterns verzerrt. Die Bildkontraktion ist von Einfluß bei photographisch-photometrischen Arbeiten. Auf Spektrogrammen können helle Linien die richtige Lage naher schwacher beeinflussen. Kurz, das ganze Problem exakter Messung mit Hilfe der Photographie wird in neuer Art angegriffen. Eine Erweiterung und Prüfung der Roßschen Untersuchungen wäre sehr erwünscht. — Als besonders „aktuell“ sei noch mit Roß auf die Bedeutung seiner Ergebnisse hinsichtlich des Einsteineffekts bei den bekannten Sonnenfinsternisaufnahmen²⁾ hingewiesen. Hier tritt an die Stelle der großen Öffnung des Laboratoriumversuchs die beträchtlich helle Sonnenkorona. Den oben genannten Verzerrungen von 41, 12 und 5 μ entsprechen bei den in Sobral und Principe z. T. benutzten Instrumenten von 3,4 m Brennweite 2'',5, 0'',7 und 0'',3, also gerade von der kritischen Größenordnung, voraussichtlich auch radial zur Sonne wirkend wie der Einsteineffekt. Roß erwähnt, daß einige Versuche an heißen Tagen (+ 32°) besonders starke Verzerrungen aufwiesen, was in den Tropen bei Finsternisexpeditionen auch leicht eintreten könnte.

Vorstehende Arbeit, wie vielleicht auch die letzthin besprochene, mag dem theoretischen Physiker erklären, daß noch heute viele, und mit die besten, Vertreter der beobachtenden Astronomie der Einsteinschen Theorie ablehnend oder abwartend gegenüberstehen. Bis der zahlenmäßige astronomische Beweis für sie völlig erbracht ist, wird noch einige Zeit vergehen³⁾. Im Herbst 1922 findet z. B. wieder eine hierfür äußerst günstige Sonnenfinsternis im Südzipfel von Vorderindien und in Australien statt. Wird Deutschland dann, politisch wie finanziell, in der Lage sein, mit einer Expedition die Richtigkeit der Arbeit des Deutschen Einstein durch Beobachtungen zu prüfen?

J. Hopmann, Bonn.

¹⁾ Vgl. Naturwissensch. 1920, S. 20, 1921, S. 192.

²⁾ Bottlinger, Die astronom. Prüfungsmöglichkeiten der Relativitätstheorie, Jahrbuch d. Radioaktivität u. Elektronik XVII, Heft 2.

³⁾ Astrophysical Journal 1920, Sept.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 20. (Seite 383—398)

20. Mai 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Probleme der modernen Metallographie. Von *Georg Masing, Berlin.* S. 383.

Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärker-
röhre. Von *H. Rosenberg, Tübingen.* (Schluß.)
(Mit 1 Abbildung.) S. 389.

Besprechungen:

Küster, Ernst, Lehrbuch der Botanik für
Mediziner. Von *R. O. Neumann, Bonn.* S. 394.

Wille, Johannes, Biologie und Bekämpfung der
deutschen Schabe (*Phyllodromia germanica* L.).
Von *Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.* S. 395.

Stellwaag, F., Die Schmarotzerwespen (Schlupf-
wespen) als Parasiten. Von *Albrecht Hase,
Berlin-Dahlem.* S. 396.

Wilhelmi, J., Die Kriebelmückenplage. Von
B. Harms, Berlin. S. 396.

Schmid, Bastian, Von den Aufgaben der Tier-
psychologie. Von *A. Pratje, Breslau.* S. 396.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 397-398.

Ueber die Geschwindigkeit der photochemischen
Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen.

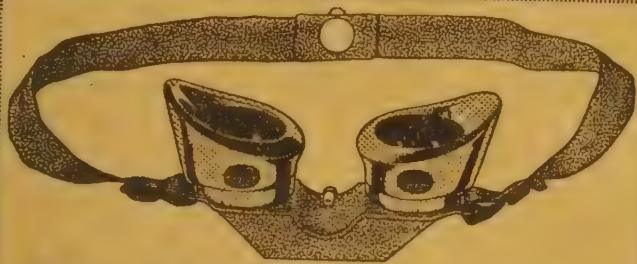
Ueber die Bestimmung des Alters bei Honig-
bienen. Ueber die Entdeckung der wirksamen
Substanz der Schilddrüse.

ZEISS

LUPEN

für

**Naturwissen-
schaftler und
Naturfreunde**



Binokulare-Lupen

**Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen**

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskrifte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 23 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.
Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G. m. b. H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Handbuch der Materialkunde für den Maschinenbau. Von Pro-

fessor Dr.-Ing. A. Martens, Direktor des Materialprüfungsamts in Großlichterfelde. In 2 Bänden.
I. Band: Materialprüfungswesen, Probiemaschinen und Meßinstrumente. Zweite Auflage in Vorbereitung.
II. Band: Die technisch wichtigen Eigenschaften der Metalle und Legierungen. Von Professor E. Heyn.
Hälfte A. Die wissenschaftlichen Grundlagen für das Studium der Metalle und Legierungen. Metallographie.
Mit 489 Abbildungen im Text und 19 Tafeln. Unveränderter Neudruck. 1919. Gebunden Preis M. 66.—

Lagermetalle und ihre technologische Bewertung. Ein Hand- und Hilfs-

buch für den Betriebs-, Konstruktions- und Materialprüfungsingenieur. Von Oberingenieur J. Czochralski und Dr.-Ing. G. Welter. Mit 130 Textabbildungen. 1920. Preis M. 9.—; gebunden M. 12.—

Die Verfestigung der Metalle durch mechanische Beanspruchung.

Die bestehenden Hypothesen und ihre Diskussion. Von Professor Dr. H. W. Fraenkel, Privatdozent an der Universität Frankfurt a. M. Mit 9 Textfiguren und 2 Tafeln. 1920. Preis M. 6.—

Metallurgische Berechnungen. Praktische Anwendung thermochemischer Rechenweise für

Zwecke der Feuerungskunde, der Metallurgie des Eisens und anderer Metalle. Von Joseph W. Richards, Professor der Metallurgie an der Lehigh-Universität. Autorisierte Übersetzung nach der zweiten Auflage von Prof. Dr. Bernhard Neumann, Darmstadt, und Dr.-Ing. Peter Brodal, Christiania. Unveränderter Neudruck. 1920. Gebunden Preis M. 64.—

Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzver-

fahren und mit Hilfe des Mikroskopes. Kurze Anleitung für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte. Von Dr.-Ing. E. Preuß. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Herausgegeben von Prof. Dr. G. Berndt, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, und Ingenieur A. Cochius, Leiter der Materialprüfungsabteilung der Fritz Werner A.-G., Berlin-Marienfelde. Mit 153 Figuren im Text und auf 1 Tafel. 1921. Preis M. 14.—; gebunden M. 18.40

Hierzu Teuerungszuschläge

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

20. Mai 1921.

Heft 20.

Die Probleme der modernen Metallographie.

Von Georg Masing, Berlin.

1.

Im engeren Sinne bedeutet die Metallographie die Lehre von Metallen auf Grund mikroskopischer — metallographischer — Untersuchung. Im weiteren Sinne jedoch, in dem dieses Wort heute meistens benutzt wird, bedeutet sie allgemein die Lehre von den Metallen oder von dem metallischen Zustand. Es mag zunächst fraglich erscheinen, ob die Metallographie in diesem weiten Sinne ein zu selbständiger Entwicklung fähiges Wissensgebiet bedeutet. Spielen doch in die Lehre von den Metallen die verschiedensten Wissenschaften derart herein, daß eine Trennung von diesen kaum möglich erscheint. Die physikalischen Eigenschaften der Metalle, wie die Elektrizitätsleitung und die Metalloptik, gehören zum Gebiete der Physik, ihre kristallographischen Formeigenschaften zum Gebiete der Kristallographie, die mechanischen Eigenschaften vielfach zum Gebiete der Technologie usw. Man kann sich nun fragen, was für einen Zweck es hat, die Probleme der metallischen Elektrizitätsleitung zum Beispiel von der allgemeinen Elektrizitätslehre künstlich abzulösen und etwa mit dem ihnen so fremden Gebiete der Kristallstruktur der Metalle gewissermaßen gewaltsam zu verknüpfen. Die Metalle treten jedoch aus der Gesamtheit der anderen Stoffe durch alle ihre Eigenschaften derartig charakteristisch hervor, daß sie zweifellos eine natürliche Gruppe bilden, und schon diese Tatsache allein läßt einen tieferen funktionellen Zusammenhang zwischen allen Eigenschaften der Metalle annehmen. Ihre Erforschung im Hinblick und an der Hand dieses Zusammenhanges ist das Problem der Metallographie oder der Metallkunde, wie sie in diesem allgemeineren Sinne neuerdings öfters bezeichnet wird. Um zu unserem Beispiel der Elektrizitätsleitung und der Kristallstruktur zurückzukehren, so ist gerade ihre *Verknüpfung* das metallographische Problem. Bekanntlich bietet die Deutung der metallischen Elektrizitätsleitung bisher unüberwindliche Schwierigkeiten, und die summarische Theorie derselben, wie sie auf Grund der Elektronentheorie zuerst gegeben wurde, muß als mißlungen betrachtet werden, gerade, weil sie die metallisch-stofflichen Zusammenhänge nicht genügend berücksichtigt. Heute können wir eine rationelle Theorie der metallischen Elektrizitätsleitung nur

im Rahmen oder im Zusammenhange mit der metallographischen Forschung erwarten.

Ebenso wie es ein chemisches oder ein physikalisches Denken gibt, so gibt es heute bereits ein metallographisches Denken. Es ist dies das Denken, bei dem im Mittelpunkt das *Metall* steht und bei dem jede neue Tatsache sofort, oft gefühlsmäßig und unbewußt, im Zusammenhang mit der Gesamtheit der übrigen Eigenschaften und der Probleme des metallischen Zustandes betrachtet und gewertet wird. Es ist eine bekannte Forderung, daß ein Chemiker vor allen Dingen *chemisch denken* muß, und bei einer Berührung mit einem Menschen fühlt man sofort, ob er es kann oder nicht. Ebenso fühlt ein Metallograph heute bei einem Gespräch, beim Lesen einer Arbeit usw. sehr bald heraus, ob er mit einem Menschen zu tun hat, der metallographisch zu denken versteht. Oft — sehr oft — liest man heute noch physikalische Arbeiten über Metalle, die diese Fähigkeit vermissen lassen und deren Wert dadurch sehr erheblich beeinträchtigt wird. Metallographisches Denken ist ein Denken im Zusammenhang und im Hinblick auf die Gesamtheit der Eigenschaften der Metallwelt, die metallographische Weltanschauung ist eine Weltanschauung, die an die Berechtigung der Verknüpfung dieser Gesamtheit und an ihre Fruchtbarkeit glaubt. Heute kann man schon sagen, daß die Entwicklung der Metallographie in den letzten Dezennien ihre Fruchtbarkeit und die Zweckmäßigkeit der metallographischen Fragestellung im Prinzip erwiesen hat, wenn die letztere auch erst in der allerletzten Zeit die allgemeine oben angedeutete Form gewinnt.

2.

Die Metallkunde hat sich aus der Praxis entwickelt und hat sich erst allmählich und in immer steigendem Maße zu einer Disziplin entwickelt, der auch große wissenschaftliche Bedeutung zukommt. Es waren die Bedürfnisse der hochentwickelten Eisen- und Stahlindustrie, die zunächst zur Entwicklung der Kunst, Metallschliffe herzustellen und zu ätzen, um so einen Einblick in das innerste mikroskopische Gefüge des Stahles und des Eisens zu gewinnen, führten. Ziemlich gleichzeitig begann man, um die Vorgänge zu verfolgen, die in einem Metall während der Erstarrung und Abkühlung sich abspielen, sogenannte Abkühlungskurven aufzunehmen, auf denen die Temperatur des Metalles in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt wird. Verzögerungen, allgemeiner Unregelmäßigkeiten im Gange der Abkühlungskurve deuteten auf Vorgänge innerhalb des Me-

talles hin, die mit Wärmeabsorption oder Wärmeentwicklung verbunden waren. Abgesehen von einer Fülle von Beobachtungen, die insbesondere beim System Eisen-Kohlenstoff allmählich zu einer Systematik der beobachteten Erscheinungen und zu Anfängen einer theoretischen Deutung dessen führten, was wir in seiner Gesamtheit als das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm bezeichnen, brachten diese Untersuchungen mit immer steigender Überzeugungskraft vor allen Dingen die Erkenntnis herbei, daß wir es bei den Metallen mit kristallisierten Stoffen zu tun haben. So selbstverständlich uns das heute erscheint, so wichtig war seinerzeit dieser Erkenntnissschritt. Es ist tatsächlich nichts Selbstverständliches, daß das leicht spaltbare Stück Kochsalz und ein glatter, glänzender, biegsamer und gefügiger Metalldraht beide kristallisierte Körper sind. Das mußte erst durch die metallographische mikroskopische Beobachtung gezeigt werden.

Die mikroskopische Beobachtung zeigte ferner, daß man es bei den Metallen vielfach mit Gemengen mehrerer Kristallarten zu tun hat. Die Deutung dieser Gemenge, der Bedingungen, unter denen sie entstehen und bestehen können, bot große Schwierigkeiten, bis die inzwischen auf der Phasenlehre begründete und von Roozeboom zur Vollendung entwickelte *Lehre von den heterogenen Gleichgewichten* von gänzlich anderen Gebieten aus befruchtend eingriff. Es war eine Schicksalsstunde für die Metallographie, als Roozeboom auf Grund der Phasenlehre das erste Eisen-Kohlenstoff-Diagramm aufstellte. Nun war zu der Deutung der mikroskopischen Befunde und der Abkühlungskurven ein ganz fundamentaler Fortschritt errungen, indem man jetzt die Bedingungen für das gleichzeitige Auftreten verschiedener Kristallarten — verschiedener Phasen — theoretisch übersah. Nachdem Tammann aus der Beobachtung der Abkühlungskurven außerdem die quantitative *thermische Methode* geschaffen hatte, die es erlaubte, aus der Größe der Verzögerungen auf den Abkühlungskurven unter gewissen Bedingungen auf die Mengen und die Natur der sich umwandelnden Phasen zu schließen, setzte ein ungeheurer Aufschwung der metallographischen Forschung ein. Es wurden nicht nur die Verhältnisse bei den Eisen-Kohlenstoff- und bei den anderen Legierungen der Praxis, der Bronze und dem Messing, grundlegend geklärt, sondern die Forschung stellte sich außerdem zum ersten Male die Aufgabe, von rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus eine Übersicht der Konstitution der verschiedensten Legierungen systematisch zu verschaffen, und in wenigen Jahren war es so weit, daß man einen Überblick über die meisten binären Legierungen hatte. Unabhängig von der metallographischen Forschung war bereits früher eine Untersuchung der physikalischen Eigenschaften mancher Legierungen, wie der Dichte und der elektrischen Leitfähigkeit, vorgenommen worden. Diese

Untersuchungen wurden nun mit den Ergebnissen der Konstitutionsforschung verknüpft, und in kurzer Zeit hatte man auch einen ziemlich vollständigen Überblick über die Zusammenhänge zwischen Konstitution und Eigenschaften der Legierungen, wie er sich zum Beispiel in abschließender Weise im Lehrbuch der Metallographie von Tammann¹⁾ findet.

Im Zusammenhange damit hatte man für die Praxis auch eine rationelle und umfassende Deutung der thermischen Behandlung, der Probleme des Abschreckens und Anlassens erreicht, wenigstens sofern mit diesen Maßnahmen das Auftreten oder Verschwinden von Phasen verknüpft war.

3.

Die mikroskopische Untersuchung hatte gelehrt, verschiedene Kristallphasen nebeneinander zu erkennen und zu deuten. Die thermische Untersuchung arbeitete mit Wärmeeffekten, die während der Abkühlung auftraten und wiederum beinahe ausschließlich das Auftreten von neuen Kristallphasen oder ihr Verschwinden andeuteten. Man operierte also mit einer Mehrzahl von Phasen, und damit war der Schwerpunkt der Forschung bereits auf die *Legierungen* und nicht auf die reinen Metalle verlegt. Auch wenn man in der Praxis nach den Eigenschaften eines Metalles allgemein fragte, so war das erste Problem naturgemäß, den Einfluß der chemischen Zusammensetzung festzustellen. Das hieß aber mit anderen Worten, daß man das Metall *legierte*. Es ist also verständlich, daß die Metallographie zunächst beinahe ausschließlich *Legierungskunde* war. Die reinen Metalle wurden übergangen oder nur ganz flüchtig behandelt.

Das änderte sich gänzlich, als, von dem Ende des ersten Dezenniums des 20. Jahrhunderts an, die Probleme der Legierungskunde sich einer vorläufigen Klärung näherten, ein altes Fundamentalproblem, aber in einer ganz neuartigen, durch die Legierungsforschung vorbereiteten Bedeutung, wieder in den Vordergrund des Interesses rückte. Es war dies das Problem der *Kaltreckung der Metalle*.

Bekanntlich treten in den Metallen bei fortgesetzter mechanischer Deformation, wie es das Hämmern, Walzen, Ziehen usw. ist, weitgehende Eigenschaftsänderungen auf, wenn diese mechanische Deformation bei nicht zu hoher Temperatur erfolgt. Eine Deformation der Metalle, sofern sie derartige Änderungen nach sich zieht, wird nach dem Vorgange von Heyn als Kaltrecken bezeichnet. Beim Kaltrecken steigt die Elastizitätsgrenze, die Bruchgrenze und die Härte sehr erheblich, die Bruchdehnung nimmt ab. Die elektrische Leitfähigkeit und die Dichte werden etwas geringer, die Metalle werden etwas unedler usw. Die Änderung der technischen Eigenschaften beim Kaltrecken war seit unvordenklichen Zeiten bekannt, ebenso war auch die praktische

¹⁾ Siehe am Schlusse der Arbeit.

Bedeutung dieser Eigenschaftsänderungen erkannt. An eine theoretische Deutung war jedoch zunächst nicht zu denken, da über die Natur der Metalle die größte Unklarheit herrschte; wußte man doch nicht einmal, ob sie amorph oder kristallinisch waren, zumal im bearbeiteten Zustande. Sobald jedoch durch die Legierungskunde die Überzeugung emporgekommen war, daß die Metalle nicht nur kristallinische Körper wie andere Stoffe waren, sondern daß bei ihnen die Neigung, den Kristallzustand anzunehmen, noch ungleich stärker entwickelt war als bei allen anderen Körpern, konnte das Problem der Kaltreckung viel präziser formuliert werden. Es hieß jetzt: erstens, wieso ist eine derartig weitgehende Deformation, wie sie bei der Metallverarbeitung allgemein auftritt, bei einem aus Kristalliten aufgebauten Körper möglich, und zweitens, wie sind die bei dem Kaltrecken auftretenden Eigenschaftsänderungen zu deuten? Zur experimentellen Untersuchung dieser Fragen fehlten zunächst spezielle Methoden. Zwar konnte die mikroskopische Gefügebetrachtung etwas verfeinert werden, indem man mit ihrer Hilfe nicht mehr wie früher bloß die Kristalle verschiedener stofflicher Natur unterschied, sondern die Korngröße, Gestalt und mit Hilfe von Ätzfiguren die Orientierung der Gefügebestandteile feststellte. Jedoch stellte es sich bald heraus, daß eine derartige Feststellung bei einigermaßen stark kaltgereckten Metallen so gut wie unmöglich wurde, und ihre Anwendung war daher auf geringe Deformationsgrade beschränkt. Abgesehen von dieser Methode standen uns keine direkten Wege zur Untersuchung der Fragen der Kaltreckung zur Verfügung, und man war vorwiegend auf indirekte Schlüsse aus anderen Beobachtungen angewiesen. Diese Sachlage hat sich auch bis heute noch nicht weitgehend geändert¹⁾, und dadurch wird es verständlich, daß, trotzdem diese Fragen seit mehreren Jahren im Mittelpunkt des metallographischen Interesses stehen, man noch zu keiner theoretischen Klärung des Gebietes gelangt ist. Es gibt mehrere Theorien, die sich widersprechen, und es besteht kaum eine Möglichkeit, aus Mangel an direkten experimentellen Methoden eine Theorie bindend zu bestätigen oder zu widerlegen.

Was die Vorgänge beim Kaltrecken betrifft, soweit sie der mikroskopischen Beobachtung zugänglich sind, so war darüber bald eine ziemliche Klarheit erlangt. Man stellte, ähnlich wie das bei nichtmetallischen Kristallen bekannt war, fest, daß bei der Deformation eines Metallkristalles zwei Mechanismen tätig sind. Der erste Mechanismus besteht darin, daß die Kristallteile längs gewisser kristallographisch definierter Flächen aneinander vorbeigleiten können, ohne daß der Zusammenhang des Kristalles gelöst wird. Dieser

Vorgang wird als Translation bezeichnet. Der zweite Vorgang besteht darin, daß der Kristall der neuen, durch den äußeren Zwang gegebenen Lage sich dadurch anzupassen strebt, daß Teile desselben zu Zwillingslagen umklappen, wie das am Schulbeispiel des Kalkspats bereits bekannt war. Dieser zweite Vorgang wird als einfache Schiebung bezeichnet, und beide zusammen als *Gleitung*.

Wenn nun von allen einmütig erkannt wird, daß bei der Deformation der Metalle Gleitung stattfindet, so trennen sich die Anschauungen bereits bei der Beantwortung der Frage, ob außer der Gleitung noch andere Deformationsarten innerhalb eines Kristalls möglich sind und auftreten. *Tammann* nimmt an, daß beim Kaltrecken außer der Gleitung keine tieferen Raumgitteränderungen stattfinden, so daß die Gleitung eine Schutzmaßnahme bedeutet, die das Raumgitter vor der Zerstörung bei der Deformation erfolgreich bewahrt, und die Wirkung des Kaltreckens im wesentlichen nur in einer Kornzerkleinerung und Änderung der Orientierung der Kristallite besteht. *Tammanns* Theorie hat den großen Vorzug, daß sie ausschließlich auf Tatsachen beruht (Gleitung), die zweifelsfrei experimentell erwiesen sind. Dahingegen bietet die Deutung der Eigenschaftsänderungen mit Hilfe dieser Theorie zum Teil erhebliche Schwierigkeiten; deshalb greifen die übrigen Theorien zu weiteren Gesichtspunkten, zum Teil hypothetischer Natur.

Am wenigsten hypothetische Elemente enthält eine Theorie von *Heyn*, nach welcher die Änderung der Festigkeitseigenschaften von Metallen beim Kaltrecken durch die Entwicklung von „quasielastischen“ inneren Spannungen erklärt wird. Der Zustand der Körperteilchen im kaltgereckten Zustande wird etwa mit dem von gespannten Federn verglichen. Daß bei der Kaltreckung tatsächlich sehr erhebliche innere Spannungen entstehen, hat *Heyn* durch glänzende Experimente erwiesen; die Annahme von Spannungen ist also experimentell begründet. Auch läßt sich zeigen, daß die tatsächlich auftretenden Eigenschaftsänderungen sich der Größenordnung nach durch die inneren Spannungen wohl erklären lassen. Es ist aber nicht sicher, daß auch alle übrigen Folgeerscheinungen des Kaltreckens — zum Beispiel die Rekristallisation, auf die noch zurückzukommen sein wird — sich mit Hilfe dieser Theorie werden erklären lassen.

Von anderen Theorien ist vor allen Dingen die Gruppe der Modifikationstheorien zu nennen, die bei der Verarbeitung die Entstehung entweder amorpher oder kristallinischer neuer Modifikationen annimmt. An und für sich ist es ja klar, daß man auf diese Weise jede erwünschte Eigenschaftsänderung erklären kann. Man braucht nur die hypothetische Modifikation mit den gewünschten Eigenschaften auszustatten. Da eine tatsächliche Modifikationsänderung beim

¹⁾ Eine große Bedeutung für die experimentelle Erforschung des Kaltreckens könnte die röntgenometrische Kristalluntersuchung gewinnen.

Kaltrecken sich trotz aller Bemühungen bisher nicht hat nachweisen lassen, kann allen diesen Theorien gegenüber der Vorwurf willkürlicher ad hoc gemachter Annahmen nicht erspart werden.

Diejenige Theorie, die jetzt jedoch vielleicht das größte Interesse beansprucht, ist die Verlagerungstheorie von *Czochralski*. Diese nimmt an, daß beim Kaltrecken trotz der vorbeugenden Wirkung der Gleitung eine gewisse Verletzung (Verlagerung) des Raumgitters stattfindet, durch die die Folgeerscheinungen des Kaltreckens erklärt werden. Diese Theorie ist noch in der Entwicklung begriffen, und insbesondere hat man zurzeit keine präzise Vorstellung von der Natur des Verlagerungsprozesses. Die einfachste Vorstellung wäre die einer mechanischen Verzerrung, doch ist sie noch nicht einwandfrei begründet. Auch die Verlagerungstheorie kann die Eigenschaftsänderungen der Metalle beim Kaltrecken uns schwer erklären, da ja die Eigenschaften des verletzten Raumgitters zunächst unbekannt sind und man, ähnlich wie bei den Modifikationstheorien, den Tatsachen gerecht werden kann, indem man diese Eigenschaften in einer entsprechenden Weise vorschreibt. Den Modifikationstheorien gegenüber hat sie jedoch den großen Vorzug, daß man viele, meistens indirekte experimentelle Hinweise auf die tatsächliche Existenz der Verlagerung in kaltgereckten Metallen hat, und daß diese Theorie demnach nicht der Vorwurf der Willkür, den wir den Modifikationstheorien machen mußten, treffen kann.

4.

Mit dem Kaltrecken eng verbunden sind die Erscheinungen der sogenannten Rekristallisation, die auch schon seit langer Zeit bekannt sind, jedoch erst in neuerer Zeit, im Zusammenhange mit der Erforschung des Kaltreckens, ein erhöhtes und immer steigendes Interesse gewonnen haben. Die Rekristallisation besteht darin, daß das Kristallgefüge eines Kristallkonglomerates, wie es die Metalle sind, bei genügend hoher Temperatur sich mit einer Geschwindigkeit, die mit steigender Temperatur schnell zunimmt, ändert und daß gleichzeitig die Einflüsse des vorangegangenen Kaltreckens allmählich verschwinden. Diese vorwiegend mikroskopisch verfolgte Änderung besteht in erster Linie darin, daß die Kristallkörner des Metallkörpers gröber werden, also wachsen. Es hat sich nun neuerdings gezeigt, daß die Art und Geschwindigkeit der Rekristallisation im engsten Zusammenhang mit der vorangegangenen Kaltreckung steht, so daß gewisse Details der letzteren, die sich sonst der Wahrnehmung entziehen, zuweilen später auf Grund der auftretenden Eigentümlichkeiten der Rekristallisation festgestellt werden können. Dieser Umstand sowie die überraschend reiche Mannigfaltigkeit der Rekristallisationserscheinungen haben die frühere summarische Erklärung der Rekristallisation auf

Grund der inneren Oberflächenspannungen zwischen den einzelnen Kristalliten als ungenügend erscheinen lassen, und man mußte nach neuen theoretischen Deutungen suchen. Diese mußten naturgemäß im engsten Zusammenhang mit der Theorie des Kaltreckens stehen. Und so sehen wir, daß heute, zusammen mit der Theorie des Kaltreckens, eine Theorie der Rekristallisation, von der ersteren getragen und sie wieder stützend, in der Entwicklung begriffen ist. Schon aus dieser Verknüpfung sieht man, daß die Untersuchungen sowohl theoretischer wie experimenteller Art zurzeit noch durchaus im Flusse sind, ja vielleicht sich noch in ihren Anfängen befinden¹⁾.

Hand in Hand mit der wissenschaftlichen Entwicklung, die, wie wir sahen, von der Legierungskunde zur Kaltreckungs- und Rekristallisationsforschung geführt hat, ging die Entwicklung der Praxis, bald die Theorie führend, bald von ihr angeregt und gestützt. Gleichzeitig mit der Konzentrierung des wissenschaftlichen Interesses auf die Erscheinungen des Kaltreckens im weitesten Sinne trat in der Praxis das Problem der Beeinflussung der Eigenschaften durch verschiedenste Arten des Kaltreckens immer mehr in den Vordergrund. Da auch bei der Rekristallisation die Eigenschaften der Metalle sich ändern, gewann auch diese als Korrektiv und als Ergänzung des Kaltreckens eine immer größere Bedeutung, besonders, seitdem man immer mehr Erscheinungsformen der Rekristallisation erkannte und sie nach Wunsch hervorzurufen lernte. Bei einer Disziplin, die, wie die Metallographie, mit der Praxis der Metallverarbeitung, aus der sie nach wie vor in erster Linie ihre experimentellen Erfahrungen schöpft, in engster Fühlung steht, ist eine Trennung der praktischen und theoretischen Gesichtspunkte oft kaum möglich. In mancher Beziehung erinnert sie in dieser Beziehung an die noch charakteristischere neuere Entwicklung der drahtlosen Telegraphie und der Vakuumelektronenröhren. Hier vollzieht sich der Fortschritt bei einer engsten Verknüpfung der Praxis mit der Blüte der Theorie. Ein praktischer Erfolg, eine praktische Erfahrung bedeutet meistens sofort auch einen theoretischen Gewinn, und eine theoretische Untersuchung findet mit erstaunlicher Unmittelbarkeit ihre sofortige Anwendung und Entwicklung im technischen Produkt. Theorie und Praxis lassen sich gar nicht mehr voneinander trennen, sie sind eng miteinander verschmolzen.

5.

Wir haben einen flüchtigen Überblick über die Entwicklung der Metallographie bis zur Gegenwart gegeben. Wenn wir im Anschluß daran eine Übersicht der wichtigsten Probleme

¹⁾ Im weiteren wird die Rekristallisation stets stillschweigend als zu den Problemen des Kaltreckens gehörend betrachtet.

geben, die sich der Metallographie heute bieten, so ist es klar, daß auch hier der ganze Komplex der Probleme, die mit dem Kaltrecken verbunden sind, im Vordergrund steht. Die wichtigste Aufgabe der Metallographie ist jetzt, zu einer einheitlichen, solide durchgearbeiteten Theorie des Kaltreckens zu gelangen. Diese Theorie muß experimentell gut fundiert sein, sie darf also nicht, wie es bei dem heutigen Stand der Theorien noch der Fall ist, mit Hypothesen überladen sein. Sie muß eine einheitliche Erklärung der mit dem Kaltrecken verbundenen Phänomene geben, vor allen Dingen der der Größenordnung nach alle anderen Eigenschaftsänderungen beim Kaltrecken weit überragenden mechanischen Änderungen; sie muß einen Anschluß an die allgemeineren Anschauungen der verwandten Wissenschaften finden, und sie muß in der Lage sein, Erscheinungen eindeutig und sicher vorherzusagen, denn dieses ist der letzte Prüfstein sowohl für die praktische wie auch für die theoretische Existenzberechtigung einer Theorie.

Es scheint jedoch, daß die Theorie des Kaltreckens nicht nur vorübergehend im Gange der Entwicklung und wegen ihrer Bedeutung für die Praxis jetzt ein so großes Interesse beansprucht. Es scheint, daß das Problem des Kaltreckens überhaupt das zentrale Problem der Lehre vom metallischen Zustand werden soll. Jeder Wissenszweig umfaßt eine Gruppe von Erscheinungen, die für ihn ganz besonders charakteristisch sind und die dann den Grundstock für den Aufbau des ganzen Systems bilden. So sind es in der Kristallographie vor allen Dingen die geometrischen Wachstumsformen der Kristalle gewesen, die die Grundlage für die Systematik und auch für die theoretische Raumgitterbetrachtung abgegeben haben. Auch ist das Bestehen der ebenen, gesetzmäßig zueinander geneigten Begrenzungsflächen eine Tatsache, die die Welt der Kristalle scharf von der übrigen anorganischen Natur trennt. Ähnlich charakteristisch ist nun für die Metalle die mit dem Kristallzustand verbundene erstaunliche, schier unerschöpfliche Plastizität und die weitgehenden mit dem Kaltrecken, das heißt mit der plastischen Deformation verbundenen Eigenschaftsänderungen. Es scheint uns, daß gerade die Deutung dieses zentralen Problems den Kern für die weitere Entwicklung einer geschlossenen Theorie des metallischen Zustandes bilden kann, die dann die gesamten Erscheinungen der Metallwelt umfassen wird.

Damit rückt aber eine ganze Reihe von Problemen, die die Metalle betreffen, aber bisher als zu einzelnen Spezialgebieten der Physik gehörig betrachtet wurden, in den Rahmen der Metallographie und der metallographischen Betrachtung, wie sie eingangs skizziert wurde. Vor allen Dingen wird hier an die elektrische Leitfähigkeit gedacht, und die Behauptung, daß sie ein metallographisches Problem ist, das manchen stutzig machen kann, bedeutet eben nichts weiter, als daß sie im

Zusammenhange mit den übrigen Eigenschaften des Metallzustandes und von diesen ausgehend betrachtet werden muß.

Bei den bisher betrachteten 2 Gruppen von Problemen liegt der Schwerpunkt zwar beim Metall als solchem, und die chemische Zusammensetzung kommt erst in zweiter Linie in Frage. Doch ist ihr Zusammenhang mit der Zusammensetzung eines Metallkörpers aus gewissen Metallelementen ein sehr enger, indem die chemische Zusammensetzung oft sowohl die mechanischen Eigenschaften und das Kaltrecken als auch die elektrische Leitfähigkeit in einer sehr charakteristischen Weise beeinflusst. Insbesondere ist das der Fall bei Mischkristallen, das heißt bei kristallinen festen Lösungen zweier oder mehrerer Metalle ineinander. Und so verknüpft sich die Theorie des Kaltreckens und zum Beispiel der elektrischen Leitfähigkeit, mit den Problemen der *Legierungskunde* über die Natur und Eigenschaften von Mischkristallen, von intermetallischen Verbindungen usw., beide als Teile *eines natürlichen, metallographischen Ganzen*.

Wenn dieses wohl die hauptsächlichsten prinzipiellen, sagen wir theoretischen Probleme der heutigen Metallographie sind, so gibt es noch eine große Reihe anderer speziellerer Fragen, die teils wissenschaftlicher Natur, aber nicht unmittelbar mit den obigen verknüpft sind, teils durch die Bedürfnisse der Praxis in überreichlicher Fülle immer und immer wieder aufgestellt werden. Wenn man auch behaupten kann, daß die Konstitutionsforschung der binären Legierungen in rohen Umrissen zu einem gewissen Abschluß gekommen ist, so gibt es in derselben eine unübersehbare Fülle von spezielleren Detailproblemen. Die Praxis verlangt oft die genaueste Untersuchung von Legierungen innerhalb ganz enger Konzentrationsgrenzen (1—5 %), denen zunächst keine allgemeinere Bedeutung zukommt. Außerdem bevorzugt die Praxis Legierungen mit 3, 4 und mehr Komponenten, und bei denen sind die Verhältnisse noch sehr mangelhaft geklärt. Ein großes hierher gehörendes Problem bilden die ternären und quaternären Spezialstähle, die noch schöne theoretische und praktische Aufgaben in sich bergen, ferner das Duralumin und allgemeiner, ein Geschenk des Krieges und der Bedürfnisse der Flugtechnik, die Legierungen der Leichtmetalle. Ein modernes Problem, das mit dem der Spezialstähle eng verbunden ist, ist das der nicht rostenden Stähle. Die Veredelung des Messings, die Verbesserung der Eigenschaften der Aluminiumgeräte, die Herstellung von Maschinenlagern aus billigeren und im Inlande gewonnenen Metallen bilden weitere Beispiele von konkreten metallographischen Problemen, die zu einem großen Teil dem Gebiete der Konstitutionsforschung angehören.

Ein weiteres, zunächst wissenschaftliches Problem, das durch die neueren Arbeiten von *Tammann* ein erhöhtes Interesse gewonnen hat, ist

das der Abhängigkeit der chemischen Angreifbarkeit von Mischkristallen von der Konzentration der Komponenten. Ein anderes ständiges Problem der Metallforschung ist ferner die Herstellung von Legierungen mit vorgeschriebenen elektrischen Eigenschaften für Widerstände, elektrische Öfen usw.

6.

Wir wollen mit der Aufzählung der einzelnen der Metallographie sich bietenden Probleme aufhören und, um ihre Bedeutung sowohl für die Praxis als auch für die Wissenschaft noch einmal zu beleuchten, uns fragen, was sie dem Fachmann, dem Praktiker gibt, was er von ihr verlangen und erwarten kann und was sie der Wissenschaft geben will.

Dem Praktiker, dem Ingenieur und Konstrukteur gibt sie vor allen Dingen die genaueste Kenntnis des Materials, der Grenzen seiner Leistungsfähigkeit, seiner Haltbarkeit, der in ihm ev. verborgenen Fehler und technischen Gefahren usw. Diese Verhältnisse wollen wir nur an einem Beispiel erörtern. Der Praktiker pflegt an dem Aussehen des Bruches die Eigenschaften des Materials abzulesen. Der Metallograph schleift und poliert die Bruchfläche, ätzt sie und bringt sie unter das Mikroskop. Man braucht keine Worte zu verlieren, um darzutun, daß die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der beiden Verfahren sich unterscheidet wie die Zuverlässigkeit einer Gewichtsschätzung in der hohlen Hand und auf einer Wage. — Ferner ist es die Aufgabe der Metallographie, metallische Materialien von vorgeschriebenen Eigenschaften herzustellen, welcher Art auch diese Eigenschaften seien.

Schon aus diesen Angaben sieht man, wie wichtig für jeden die Metalle verarbeitenden Ingenieur oder Fachmann die Kenntnis der Metallographie ist. Die mangelhafte Fühlung zwischen dem Metallographen, der das Material herstellt, und dem Konstrukteur, der das Material verwendet, ist eine Erscheinung, die immer öfter, auch öffentlich beklagt wird und die in erster Linie auf Unkenntnis der Metallographie zurückzuführen ist. Der Ingenieur muß für die Leistungsfähigkeit seines Konstruktionsmaterials ein sicheres Gefühl haben. Dieses Gefühl ist aber unvollkommen, solange es nicht die metallographischen Eigenschaften des Materials mit umfaßt. Mit anderen Worten, ein Konstrukteur mußte heute — bis zu einem gewissen Grade — bereits auch *metallographisch denken können*.

Eine geradezu fundamentale Bedeutung hat die Metallographie für die Feststellung von Fehlern in Metallkörpern und für die Erklärung von Betriebsunfällen infolge von Materialfehlern. Eine Erklärung des eingetretenen Betriebsunfalles bedeutet aber die Vermeidung zukünftiger Unfälle.

Für die Wissenschaft soll die Metallographie eine geschlossene Theorie des metal-

lischen Zustandes geben. Diese Aufgabe setzt die Annahme voraus, die wir hier vertreten haben, daß die Metalle mit ihren so ausgesprochenen Eigenschaften eine natürliche Klassifikationsgruppe bilden, und daß deshalb ihre Eigenschaften nur oder in erster Linie in ihrer Gesamtheit erfolgreich erforscht und gedeutet werden können. Die bisherigen Erfolge der Metallographie — und es sind keineswegs ausschließlich praktische Erfolge — und das rege theoretische Leben, das jetzt in der Metallographie herrscht, sprechen dafür, daß diese Anschauung berechtigt ist. Ist sie es nicht, so gibt es überhaupt keine Metallographie als daseinsberechtigten selbständigen Wissenschaftszweig. Ist sie es aber, so heißt das, daß die Metallographie auch eine hervorragende Befruchtung für ihre zahlreichen Nachbarggebiete, für die Physik, Kristallographie, Mineralogie und physikalische Chemie, bringen muß. Ferner heißt es schon heute, daß die Kenntnis der Grundlagen der Metallographie und eine gewisse Fähigkeit des metallographischen Denkens von jedem Wissenschaftler, der bei einer Untersuchung speziell mit Metallen zu tun hat, verlangt werden muß. Es ist die persönliche Erfahrung des Verfassers, die er — leider — schon so oft hat machen müssen, daß physikalische und sonstige Arbeiten, die die Metalle betreffen, der Kritik nicht standhalten, einfach, weil in ihnen der metallographische Standpunkt ignoriert worden ist. Die sorgfältigsten experimentellen oder theoretischen Untersuchungen können so entwertet werden, weil sie einen *elementaren metallographischen Fehler* enthalten. Diese Erfahrung gibt ihm — auch abgesehen von den übrigen Betrachtungen — das Recht und die Pflicht, obige Forderung mit Nachdruck auszusprechen. — Ferner folgt aus der Berechtigung der Metallographie als eines selbständigen Gebietes des Wissens, daß es schon heute zweckmäßiger erscheint, Probleme der Nachbarwissenschaften, soweit sie den Metallzustand betreffen, auf dem Boden der Metallographie anzugreifen, als ausschließlich oder vorwiegend auf dem Boden der betreffenden Nachbarwissenschaft.

In der Praxis hat die Metallographie ihren Siegeszug bereits angetreten. In der Theorie versucht sie ihre ersten Schritte, aber ihre bisherige geschlossene Entwicklung läßt erhoffen und erwarten, daß sie auch als Wissensgebiet die Nachbarzweige der Wissenschaft befruchten wird, wie sie bereits die Praxis hat befruchten können.

Zum Schluß seien einige kürzere Werke angegeben, aus denen man sich mit den Grundlagen der Metallographie vertraut machen kann.

Desch. Metallographie.

Eine ausgezeichnete Darstellung des gesamten Gebietes durch einen Fachmann, der sowohl die Theorie wie die Praxis kennt.

Tammann. Lehrbuch der Metallographie, 1914. Verlag von Leopold Voss.

Eine abschließende Darstellung der Legierungen, eine systematische Darstellung seiner Theorie des Kalt-

reckens. Überall vor allen Dingen die leitenden theoretischen Gesichtspunkte hervorgehoben.

Ruer. Metallographie.

Elementare und sehr klar geschriebene Darstellung der Metallographie der Legierungen.

Ruer und Goerens. Handbuch der Arbeitsmethoden der anorganischen Chemie. III 1, S. 294.

Anleitung zum experimentellen metallographischen Arbeiten.

Fraenkel. Die Verfestigung der Metalle durch mechanische Beanspruchung, 1920. Verlag von J. Springer.

Kritische Zusammenstellung der Theorien der Kaltreckung.

Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkerröhre.

Von H. Rosenberg, Tübingen (Sternwarte Oesterberg).

(Schluß.)

III.

Die letztere Methode¹⁾ ist die auf jeden Fall empfehlenswertere. Ganz abgesehen davon, daß auch die erste Methode zur Aufstellung der Intensitätskurve einer Reihe photometrisch genau festgelegter Intensitätsmarken bedarf, in dieser Hinsicht also kaum eine Vereinfachung gegenüber der zweiten Methode bedeutet, und daß die Intensitätskurve selbst mindestens für jeden Beobachtungsabend, ja vielleicht innerhalb eines Beobachtungsabends nach jeder größeren Pause neu ermittelt werden muß, was eine Komplikation gegenüber der zweiten Methode bedeutet, bietet letztere den Vorteil, wesentlich größere Intensitätsverhältnisse ausmessen zu können, als dies durch direkte Strommessung möglich ist; denn die obere Grenze wird hier nicht mehr durch die Größe des Anodenstromes, sondern lediglich durch die photometrischen Abschwächungsmöglichkeiten bedingt. Dann würde aber bei Anwendung der ersten Methode noch eine andere Erscheinung, auf die wir bisher nicht näher eingegangen sind, störend auftreten: eine gewisse Trägheit der Verstärkerröhren bei größeren Veränderungen im Heiz- oder Gitterkreis.

Nach dem Einschalten des Heizstromes muß man stets eine lange Zeit, oft bis zu mehreren Stunden, vergehen lassen, bis der Anodenstrom einen konstanten Wert angenommen hat und man mit dem Messen beginnen kann; aber auch bei jeder größeren Helligkeitsänderung dauert es eine gewisse Zeit, bis das Galvanometer „ein-

steht“. Schon aus diesem Grunde ist die zweite Messungsmethode, die stets mit nahezu gleichen Photoströmen arbeitet, der ersten überlegen.

Über die Ursachen dieser Trägheit wurden eine Reihe verschiedener Versuche angestellt.

Es ist eigentlich auffallend, daß sich der Anodenstrom für eine jede Intensität überhaupt auf einen bestimmten konstanten Wert einstellt und nicht allmählich immer kleiner wird. Das Gitter nimmt demnach unter dem Einfluß des Photostromes sehr schnell ein bestimmtes, definiertes Potential gegen den Heizdraht an und lädt sich nicht allmählich immer weiter negativ auf, wie es etwa die gut isolierte Saite eines Elektrometers in diesem Falle tun würde. Es verhält sich vielmehr so, als ob ein großer Widerstand als Nebenschluß gegen den Heizdraht vorhanden, als ob die Isolation des Gitters gegen den Heizdraht unvollkommen sei.

Um die Isolation des Gitters zu prüfen, wurde ein Braunschkes Elektrometer mit einer geriebenen Ebonitstange bis über 1500 Volt aufgeladen und mit der Gitterelektrode der Verstärkerröhre in Berührung gebracht, während die beiden anderen Elektroden der Röhre mit dem geerdeten Gehäuse des Elektrometers verbunden waren. Die Zeiten, in denen sich das Elektrometer um je 100 Volt bis herab auf 500 Volt entlud, wurden gemessen. Zwei derartige Reihen, aus denen die hohe Isolation des Gitters hervorgeht, seien in folgendem mitgeteilt.

Tabelle 10.

Ladung Volt	Entladezeiten			
	Min. Sek.		Min. Sek.	
1500	0		0	
1400	20		22	
1300	49		50	
1200	1	25	1	30
1100	2	13	2	19
1000	3	7	3	14
900	4	18	4	26
800	5	55	6	1
700	7	37	7	31
600	9	51	9	45
500	13	19	12	29

Ganz anders stellen sich die Verhältnisse, wenn man den Versuch bei geheizter Glühkathode wiederholt. Schaltet man den Heizstrom ein, während das Gitter bereits mit dem aufgeladenen Elektrometer verbunden ist, so entlädt sich dieses in den ersten 30—40 Sek. kaum schneller als bei ungeheiztem Glühdraht; dann aber werden die Entladezeiten immer kürzer, die „Isolation“ des Gitters wird sichtlich schlechter. Nach einigen Minuten ist eine Aufladung des Elektrometers auf hohe Potentiale bei angeschlossenem Gitter überhaupt nicht mehr möglich; das aufgeladene und isolierte Elektrometer entlädt sich bei Berührung mit der Gitterelektrode momentan.

Schaltet man jetzt den Heizstrom aus, so bleibt

¹⁾ Zwei Möglichkeiten (zur Erreichung höchster photometrischer Meßgenauigkeit) bieten sich: Die erste besteht in der empirischen Darstellung der verstärkten Photoströme als Funktion der Intensität — ähnlich der Aufstellung der Schwärzungskurve photographischer Platten — und interpolatorischer Bestimmung von Intensitätsverhältnissen mit Hilfe dieser Kurve; der zweite Weg besteht in der bereits früher in anderem Zusammenhang vorgeschlagenen Methode, den ganzen photoelektrischen Apparat nur als „Nullinstrument“ zu benutzen und die eigentliche Helligkeitsmessung, die „Einstellung auf Gleichheit“, nach einer beliebigen, photometrisch einwandfreien Abschwächungsmethode zu bewirken. (Vgl. S. 365.)

die „Isolation“ zunächst noch schlecht, und nur langsam werden die Entladezeiten wieder größer, bis sie etwa nach einer Stunde die Anfangsbeträge wieder erreichen.

Die folgende Tabelle enthält einige derartige Reihen: bei der ersten wurde der Heizstrom in dem Augenblick *eingeschaltet*, als das Elektrometer 1500 Volt anzeigte; die zweite wurde 3^m nach *Ausschaltung* des Heizstromes begonnen, die dritte 18^m und die letzte 1^h 20^m nach diesem Augenblick.

Tabelle 11.

Ladung Volt	Entladezeiten							
	I		II		III		IV	
	Min.	Sek.	Min.	Sek.	Min.	Sek.	Min.	Sek.
1500	0		0		0		0	
1400	20		5		5		25	
1300	39		10		12		57	
1200	50		15		30		1	38
1100	1	1	27		1	0	2	23
1000	1	8	37		1	35	3	15
900	1	15	50		2	25	4	23
800	1	21	1	10	3	22	5	52
700	1	27	1	29	4	31	7	26
600	1	33	1	59	5	53	9	25
500	1	40	2	47	7	48	12	38

langenden Elektronen oder Thermionen einen Strom in der umgekehrten Richtung erzeugen.

Zur Untersuchung dieser Frage wurden die Ströme im Gitterkreis gemessen; die Schaltung war die gleiche wie zur Aufnahme der Charakteristik, nur wurde in den Gitterkreis noch ein empfindliches Spiegelgalvanometer eingefügt. Die Stromrichtung vom Heizdraht zum Gitter möge mit + (positive Ionen), die Richtung vom Gitter zum Heizdraht mit — (Elektronen) bezeichnet werden. Mit dieser Anordnung wurden die Gitterströme nach dem Einschalten bzw. Ausschalten des Heizstromes bestimmt. Dem Gitter wurde dabei ein hohes negatives Potential gegen die Mitte des Heizdrahtes erteilt (— 12 Volt), um etwa entstehende positive Ionen mit Sicherheit aufzufangen. Der Heizstrom betrug für diese Versuche 0,550 Amp., die Anodenspannung 60 Volt. Anfang der Zeitzählung ist in beiden Reihen der Moment des Ein- bzw. Ausschaltens des Heizstromes.

Diese Messungen bestätigen das oben gefundene Verhalten der Verstärkerröhren auch für kleine Gitterpotentiale; die Stromrichtung vom Heizdraht zum Gitter würde der Annahme positiver Ionen nicht widersprechen.

Dagegen ist bei positivem Gitterpotential der

Tabelle 12a.

Zeit		Gitterstrom Amp.	Zeit		Gitterstrom Amp.	Zeit		Gitterstrom Amp.
Min.	Sek.		Min.	Sek.		Min.	Sek.	
0	0	+ 0,0 · 10 ⁻¹⁰	7	0	+ 13,9 · 10 ⁻¹⁰	16	0	+ 25,9 · 10 ⁻¹⁰
0	15	+ 0,2 "	8	0	+ 15,9 "	17	0	+ 26,7 "
0	45	+ 0,3 "	9	0	+ 17,6 "	18	0	+ 27,4 "
1	0	+ 0,5 "	10	0	+ 19,4 "	19	0	+ 27,9 "
2	0	+ 2,1 "	11	0	+ 20,8 "	20	0	+ 23,3 "
3	0	+ 4,5 "	12	0	+ 22,3 "	25	0	+ 30,7 "
4	0	+ 7,0 "	13	0	+ 23,4 "	50	0	+ 38,3 "
5	0	+ 9,4 "	14	0	+ 24,3 "	105	0	+ 38,6 "
6	0	+ 11,7 "	15	0	+ 25,3 "	135	0	+ 38,6 "

Tabelle 12b.

Zeit		Gitterstrom Amp.
Min.	Sek.	
0	0	+ 38,6 · 10 ⁻¹⁰
0	6	+ 24,0 "
0	14	+ 16,0 "
0	28	+ 8,0 "
0	45	+ 4,0 "
0	51	+ 3,2 "
1	11	+ 1,6 "
1	40	+ 0,8 "
2	40	+ 0,3 "
5	0	+ 0,2 "

Bei der letzten Reihe ist ungefähr die alte Isolation wieder vorhanden. Wenn es sich nicht um eine durch die Erwärmung hervorgerufene größere Leitfähigkeit des Isolationsmaterials handelt — eine äußere Erwärmung der Röhre mittels eines Bunsenbrenners lieferte allerdings ein negatives Resultat —, so ist an die Möglichkeit zu denken, daß der Heizdraht neben den Elektronen auch positive Ionen¹⁾ erzeugt, die an das Gitter gelangen und den Eindruck einer mangelhaften Isolation des Gitters hervorrufen.

In diesem Falle fließt auch im Gitterkreis ein Strom, und zwar in der Richtung vom Heizdraht zum Gitter, während die an das Gitter ge-

erheblich stärkere „negative Gitterstrom“ (Größenordnung 10⁻⁵ Amp.) bereits wenige Sekunden nach Einschaltung des Heizstromes in vollem Umfang vorhanden und verschwindet nach Ausschaltung desselben sofort wieder. Die Trägheit der Verstärkerröhren wird demnach nur durch den positiven Gitterstrom verursacht.

Es schien von Interesse, das Verhalten der Gitterströme auch bei Variation des Gitterpotentials, der Anodenspannung und des Heizstromes weiter zu verfolgen. Aus diesem Grunde wurden die Gitterströme bei einem Heizstrom von 0,550 Amp. bzw. 0,450 Amp. in ihrer Abhängigkeit von Anodenspannung und Gitterpotential gemessen. Die Gitterspannung ist wieder auf die Mitte des Heizdrahtes bezogen.

Ein Zusammenhang dieser „Gitterströme“ mit der Verstärkung ist unverkennbar. Die

¹⁾ J. Stark, Jahrb. f. Rad. u. Elektr. 15, 355, 1918.
H. Baerwald, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 21, 474, 1919.

Tabelle 13.
Heizstrom 0,550 Amp.

Gitter- spannung Volt	Anodenspannung						
	20 Volt	30 Volt	40 Volt	50 Volt	60 Volt	70 Volt	80 Volt
-12	+ 29,1	+ 29,9	+ 30,3	+ 31,1	+ 31,1	+ 31,3	+ 31,9 · 1,6 · 10 ⁻¹⁰
-11	+ 26,0	+ 26,6	+ 27,1	+ 27,7	+ 27,7	+ 28,0	+ 28,3 " "
-10	+ 23,1	+ 23,8	+ 24,2	+ 24,4	+ 24,2	+ 24,8	+ 24,9 " "
-9	+ 20,1	+ 20,7	+ 20,9	+ 21,0	+ 21,1	+ 21,4	+ 21,5 " "
-8	+ 17,0	+ 17,6	+ 17,7	+ 17,7	+ 17,8	+ 18,1	+ 18,2 " "
-7	+ 14,1	+ 14,4	+ 14,6	+ 14,8	+ 14,7	+ 15,0	+ 15,8 " "
-6	+ 11,3	+ 11,5	+ 11,3	+ 11,3	+ 11,8	+ 12,4	+ 13,8 " "
-5	+ 8,5	+ 8,5	+ 8,2	+ 8,6	+ 9,0	+ 10,8	+ 14,1 " "
-4	+ 5,3	+ 5,2	+ 5,3	+ 5,8	+ 7,3	+ 11,4	+ 19,1 " "
-3	+ 0,4	+ 0,8	+ 1,8	+ 3,3	+ 7,9	+ 16,9	+ 30,8 " "
-2	-100,0	-91,2	-63,0	-43,8	-25,8	-3,0	+ 24,1 " "
-1	-4720	-4300	-3380	-2810	-2410	-1800	-1600 " "
0	-46600	-46800	-41300	-37900	-35800	-34000	-30100 " "
+1	-145	-145	-145	-143	-142	-141	-140 " 10
+2	-264	-285	-287	-293	-298	-299	-301 " "
+3	-421	-423	-424	-434	-441	-448	-452 " "
+4	-568	-568	-569	-571	-580	-583	-593 " "

Tabelle 14.
Heizstrom 0,450 Amp.

Gitter- spannung Volt	Anodenspannung						
	20 Volt	30 Volt	40 Volt	50 Volt	60 Volt	70 Volt	80 Volt
-10	+ 2,3	+ 2,3	+ 2,2	+ 2,3	+ 2,7	+ 2,6	+ 2,7 · 1,6 · 10 ⁻¹⁰
-9	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,2	+ 2,2	+ 2,3 " "
-8	+ 1,9	+ 1,9	+ 1,8	+ 1,9	+ 2,0	+ 1,9	+ 2,0 " "
-7	+ 1,4	+ 1,5	+ 1,4	+ 1,5	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,9 " "
-6	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,6 " "
-5	+ 0,9	+ 0,9	+ 0,9	+ 0,9	+ 1,0	+ 1,0	+ 1,9 " "
-4	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,7	+ 0,8	+ 0,9	+ 1,9	+ 3,0 " "
-3	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,8	+ 1,9	+ 4,2	+ 8,2 " "
-2	-3,5	-2,8	-1,8	-0,1	+ 3,2	+ 7,2	+ 12,0 " "
-1	-398	-296	-232	-203	-154	-134	-120 " "

Ströme deuten auch hier auf einen Nebenschluß — sei es durch schlechte Isolation, sei es durch positive Ionen — zwischen Gitter und Heizdraht hin, der einen Teil der Gitterspannung ableitet. Die größten Verstärkungen treten in der Nähe derjenigen Punkte auf, an welchen die Gitterströme durch den Nullpunkt hindurchgehen; da bei gleichen Gitterpotentialen die Gitterströme mit dem Heizstrom zusammen abnehmen, so ist damit das Steigen der Verstärkung mit sinkendem Heizstrom erklärt.

Ein besonderer Einfluß scheint dem sekundären Maximum in den positiven Strömen zuzukommen, das zwischen den Gitterpotentialen von -6 und -2 Volt bei Anodenspannungen über 50 Volt auftritt und besonders bei großen Heizströmen deutlich ausgeprägt erscheint. Dieses Maximum ist wahrscheinlich die Ursache, daß die Verstärkung unter sonst gleichen Umständen mit wachsender Anodenspannung nicht

andauernd wächst, sondern das in Fig. 1 dargestellte Maximum in der Umgebung von 60 Volt besitzt.

IV.

Aus den hier dargelegten Gründen wurde das schon früher erprobte Verfahren, die Photozelle nur als Nullinstrument zu benutzen, auch für die Methode der lichtelektrischen Messung mit Hilfe der Verstärkerröhren beibehalten.

Zur meßbaren Änderung der auf die Zelle fallenden Intensität dienen zwei große Nikols mit senkrechten Endflächen (*Glan-Thompson*); um die Empfindlichkeit der Photozelle gegen kleine Intensitätsänderungen voll auszunutzen, kommt ein großer Intensitätskreis zur Anwendung, der in Intervalle von 10' geteilt ist und an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen durch Schätzmikroskope abgelesen wird, so daß Winkel mit

einer Genauigkeit von 0,1 gemessen werden können.

Die Nikols mit Teilkreis, Ables- und Beleuchtungseinrichtung, eine von außen einstellbare Irisblende, ein Compoundverschluß sowie ein kleines Fernrohr, welches zur Beobachtung der Irisblende bei Einstellung der Sterne dient und während der photoelektrischen Messung aus

zu entfernen, ist ebenfalls vorhanden. Mit neutralen Blendgläsern versehen stellt diese Vorrichtung eine Erweiterung des Meßbereiches der Nikols dar; mit verschiedenfarbigen Lichtfiltern dient sie in erster Linie zur Bestimmung der Farbenindizes von Sternen.

An diesen Adapter läßt sich mit Bajonettverschluß das Zellenphotometer der Sternwarte

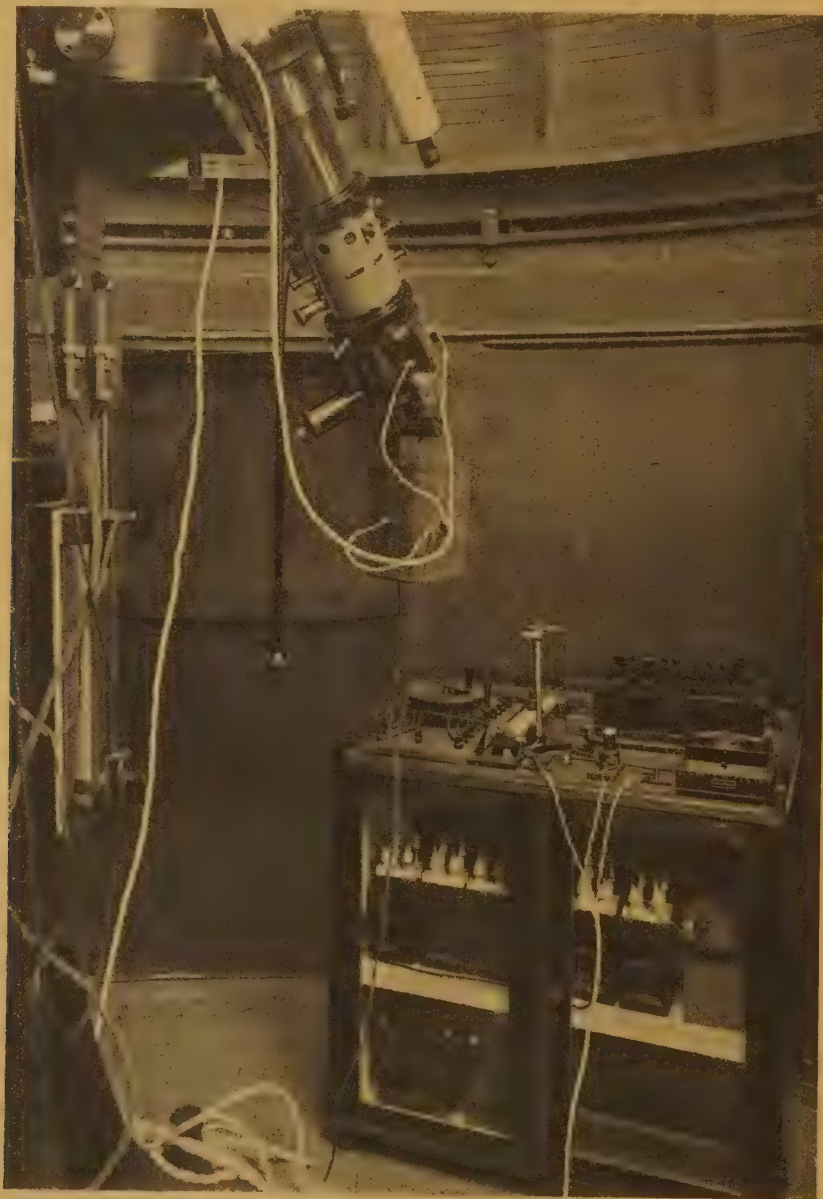


Fig. 6. Photoelektrischer Apparat der Sternwarte Oesterberg.

dem Strahlengang entfernt wird, sind gemeinsam in einen lichtdichten Adapter eingebaut, der direkt an den Refraktor angesetzt wird. Die Nikoldrehung erfolgt mittels biegsamer Welle. Eine Einrichtung, um zwei Blendgläser oder Lichtfilter einzeln oder gemeinsam in schnellem Wechsel in den Strahlengang einzuschalten oder

ansetzen. Es ist dies das gleiche Instrument, über welches auf der Hamburger Astronomerversammlung (1913) berichtet und welches dort im Bilde vorgezeigt wurde¹⁾. An dem „Kardatischen Gehänge“, durch welches die Zuleitung

¹⁾ Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. 48, 3.

zur Zellenanode hindurchgeführt ist, wird jetzt an Stelle des Saitenelektrometers das Gehäuse der Verstärkerröhre befestigt. (Das Kardanische Gehänge wäre bei dieser Methode nicht erforderlich, da die Verstärkerröhre in jeder Richtung benutzt werden, ihr Gehäuse also starr mit der Zellenkapsel verbunden sein darf.)

Die Zuleitungen zur Kathode der Photozelle sowie zu den Elektroden der Verstärkerröhre erfolgen durch hochisolierte, biegsame Kabelschnüre. Alle Batterien, Widerstände, Schalt- und Meßapparate mit Ausnahme des Galvanometers G_2 (Fig. 1) befinden sich auf einem beweglichen Schalttisch, der bequem zur Hand des Beobachters gestellt werden kann. Von hier aus erfolgt die Zuleitung zu dem fest aufgestellten Spiegelgalvanometer, das entweder subjektiv mittels eines Ablesefernrohres oder objektiv durch Abbildung des Fadens einer Nernstlampe auf einer Skala abgelesen wird. Dient das Instrument ausschließlich als Nullinstrument, so kann die Skala durch eine einfache Strichmarke auf der Wand des Beobachtungsraumes ersetzt werden. Bei einer Empfindlichkeit des Galvanometers von der Größenordnung 10^{-10} Amp. pro Millimeter reicht die objektive Ablesung auch für die empfindlichsten photoelektrischen Messungen aus.

Eine Abbildung der ganzen Apparatur (mit Ausnahme des Galvanometers) gibt Fig. 6.

Das Arbeiten nach dieser Methode stellt sich äußerst einfach.

Einige Zeit vor Beginn der Messungen wird der Heizstrom eingeschaltet und die den Beobachtungszwecken angepaßte Verstärkung durch Abgleichen der Widerstände W_2 einreguliert. Die Nikols werden zunächst auf etwa 20° – 30° eingestellt und der Anodenstrom für ein Objekt mittlerer Helligkeit mit Hilfe des Spannungsteilers S_2 (Fig. 1) kompensiert¹⁾, so daß in der Brücke kein Strom fließt. Nachdem sich der Heizdraht eingebraunt und der Anodenstrom konstant eingestellt hat, wird — falls erforderlich — die Kompensation verbessert, und das Photometer ist verwendungsbereit. Wird jetzt ein Stern größerer oder geringerer Helligkeit eingestellt, so äußert sich der Intensitätsunterschied in einem Ausschlag des Galvanometers nach der einen oder anderen Seite, die durch entsprechende Nikoldrehung korrigiert wird. Aus den zugehörigen Drehungswinkeln folgt in bekannter Weise das Intensitätsverhältnis der gemessenen Objekte.

Die photometrische Genauigkeit der Methode wurde durch eine große Zahl von Messungen im Laboratorium eingehend geprüft. Als Lichtquelle für diese Untersuchungen diente die bereits erwähnte kleine Glühlampe, als Prüfobjekt die Absorption von Blendgläsern, die abwechselnd in den Strahlengang eingeschaltet und entfernt wurden. Um die Prüfung über verschiedene Intensitäten auszudehnen, wurde der Anodenstrom bei unveränderter Lampenhelligkeit für verschiedene Nikolstellungen kompensiert. Da die Qualität des Lichtes der Glühlampe durch die Nikoldrehung nicht verändert wird, so muß bei unverändertem Lampenstrom der gefundene Absorptionskoeffizient eines Blendglases für alle Intensitäten übereinstimmen.

Das Ergebnis ist ein äußerst befriedigendes. Die innere Meßgenauigkeit ist bei Verwendung der Verstärkerröhre mindestens die gleiche wie bei den elektrometrischen Auflademethoden. Der m. F. einer Messung beträgt nur wenige Tausendstel einer Größenklasse und nimmt mit wachsender Helligkeit noch ab: denn die Photozelle mißt nicht Intensitätsverhältnisse, sondern Intensitätsdifferenzen. *Im Resultat ist ein systematischer Gang mit der Helligkeit in keinem Falle zu erkennen.*

Als ein Beispiel für viele möge hier eine derartige Reihe Platz finden. Die Nikolstellungen wurden mit einer von Herrn Guthnick¹⁾ berechneten Tafel in astronomische Größenklassen umgesetzt.

Tabelle 15.

Ohne Bl.	Mit Bl.	Ohne Bl. mg	Mit Bl. mg	Absorption mg
$40^\circ 32'$	$59^\circ 27'$	4,363	4,977	0,614
33	26	364	974	610
35	29	365	975	610
35	30	365	975	610
33	26	364	974	610
				0,611
$30^\circ 49'$	$42^\circ 50'$	3,846	4,460	0,614
53	56	851	464	613
$31^\circ 7'$	$43^\circ 8'$	865	472	607
2	6	860	471	611
0	5	858	470	612
				0,611
$7^\circ 25'$	$9^\circ 49'$	0,853	1,457	0,604
23	49	843	457	614
21	45	833	442	609
26	51	857	464	607
24	48	848	453	605
				0,608

Da das Spiegelgalvanometer zurzeit noch für die methodischen Untersuchungen im Laboratorium benötigt wird, konnten exakte Helligkeitsmessungen am Fernrohr bisher nicht ausgeführt werden; doch wurden einige orientierende Beobachtungen an Sternen mit Hilfe eines Siemensschen Zeigergalvanometers (Empfindlichkeit ca. 3×10^{-7} Amp. pro Skalenteil) angestellt, welche die große Empfindlichkeit der Methode hinlänglich dartun.

¹⁾ Bis annähernde Kompensation erreicht ist, empfindet es sich, das Galvanometer zu shunten.

¹⁾ Beobachtungsergebnisse der Kgl. Sternwarte zu Berlin, Nr. 14, 1910.

14. 4. 20. Bei einer Verstärkung von etwa 100 000 wurde Jupiter eingestellt und die Galvanometerausschläge für eine Reihe verschiedener Nikolstellungen zur Aufnahme der Intensitätskurve gemessen.

Tabelle 16.

Nikolstellung	Intensität mg	Verstärkt. Photostrom Amp.
90°	5,30	48,6 · 10 ⁻⁷
75°	5,22	47,1 "
60°	4,99	39,3 "
50°	4,72	32,7 "
45°	4,55	27,9 "
40°	4,34	23,7 "
35°	4,09	19,5 "
30°	3,79	15,0 "
25°	3,43	11,1 "
20°	2,97	6,9 "
15°	2,36	3,9 "
10°	1,50	2,1 "
5°	0,00	0,6 "

Stellt man die verstärkten Photoströme auf Logarithmenpapier als Funktion der Intensitäten (in Größenklassen) dar, so ergibt sich fast streng eine gerade Linie. Da Jupiter nur wenig heller als ein Stern —1^m war, so erzeugte bei dieser durchaus nicht etwa größtmöglichen Verstärkung ein Stern schwächer als 4^m einen verstärkten Photostrom, der noch bequem mit einem Zeigerinstrument nachzuweisen war.

Ferner wurden bei etwas größerer Verstärkung und bei Nikolstellung 90° die folgenden Sterne gemessen:

α	66,0 · 10 ⁻⁷
β	9,6 "
α Leonis	8,7 "
γ	3,3 "

Setzen wir für α Leonis nach der Harvard Revised Photometry die Helligkeit zu 1,34^m an, so ergibt sich damit

	mg	mg
α	1,05	(0,06)
β	1,24	(0,05)
α Leonis	1,34	(0,06)
γ	2,50	(0,03)

Die in Klammern beigefügten Potsdamer Extinktionsgrößen sind bereits berücksichtigt.

Für die ersten drei Gestirne wurden auch Farbenindizes mit Hilfe eines Gelb- und eines gewöhnlichen Blaufilters gemessen.

	Verst. Photostrom		Intensität		Farbenindex
	Gelbfilter	Blaufilter	Gelbfilter mg	Blaufilter mg	
α	22,0	29,9 · 10 ⁻⁷	4,25	4,60	— 0,35
β	5,0	5,9	2,53	2,73	— 0,20
α Leonis	2,9	5,2	1,89	2,57	— 0,58

Die gelblichere Farbe Saturns gegenüber Jupiter und die viel weißere Tönung von

α Leonis (Spektr. B₃) kommen bereits in diesen rohen Messungen deutlich zum Ausdruck.

Der Versuch zeigt, was schon bei mäßiger Verstärkung und Benutzung eines unempfindlichen Zeigergalvanometers die Methode zu leisten imstande ist. Es besteht m. E. kein Zweifel, daß mit einem empfindlichen Spiegelgalvanometer sich die lichtelektrischen Messungen unter Anwendung der Verstärkeröhren auf erheblich lichtschwächere Sterne werden ausdehnen lassen, als dies bisher mit Hilfe des Elektrometers möglich war.

Es ist vielleicht nicht zwecklos, darauf hinzuweisen, daß die Methode natürlich nicht nur auf astrophotometrische Messungen beschränkt ist, sondern sie läßt sich für jede Laboratoriumsmessung des Physikers oder Technikers anwenden, bei der präziseste objektive Helligkeitsmessungen gefordert werden.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden ausgeführt mit Hilfe namhafter Unterstützungen seitens der Preuß. Akad. d. Wiss. aus Mitteln der Dr. - Karl - Güttler - Stiftung und seitens der Württbg. Ges. z. Förd. der Wissenschaften. Es ist mir eine angenehme Pflicht, den Stiftern auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Besprechungen.

Küster, Ernst, Lehrbuch der Botanik für Mediziner. Leipzig, T. C. W. Vogel, 1920. VIII, 420 und 280 Abbildungen im Text. Preis geh. M. 85,—; geb. M. 100,—.

Bei den gegenwärtigen Diskussionen über die naturwissenschaftliche Ausbildung der Mediziner, ist von extremer Seite leider vielfach die Frage aufgeworfen worden, ob der Mediziner überhaupt des Unterrichts in Botanik und Zoologie bedürfe. Alle Einsichtigen werden die Frage natürlich bejahen müssen, bilden doch gerade diese beiden Disziplinen, ebenso wie Chemie und Physik, die Grundlagen, auf denen sich die Medizin aufbaut. Anders steht es schon mit der Frage, wie die Botanik gelehrt werden soll und wieviel der Mediziner davon erlernen soll. Jeder Freund der Naturwissenschaften wird nur wünschen können, daß es um so besser ist, je mehr man lernt, und mancher Mediziner, der mit Interesse der Botanik sich gewidmet hatte, hat den Nutzen davon später auf Schritt und Tritt gespürt. Darüber ist gar kein Zweifel. Es gibt aber noch einen anderen Standpunkt, der mehr der praktischen Ausbildung des Mediziners angepaßt ist und von diesem Gesichtspunkte auch seine Berechtigung hat: Das ist die Fülle der botanischen Wissenschaft, die der Mediziner bisher in den Vorlesungen über allgemeine und spezielle Botanik in sich aufnehmen sollte, auf ein bescheidenes Maß zurückzudrängen, da das Medizinstudium außer der Botanik und Zoologie noch unendlich vieles andere verlangt. Dieser Forderung kann Rechnung getragen werden, wenn von dem Fachvertreter der Botanik, denn nur dieser kann das beurteilen, das Wesentliche seines Lehrgebietes herausgehoben und für den praktischen Medizinerberuf zurechtgeschnitten wird. Nichts muß sich dann besser zur Einführung in Anatomie, Histologie und Pathologie des Menschen eignen, als gerade das Studium der Pflanzen, die in ihrem einfachen Aufbau, den über-

sichtlichen physiologischen und pathologischen Verhältnissen sprechende Beispiele für den inneren Zusammenhang und den Aufbau organischer Wesen liefern. Ebenso kann die Pflanzenchemie das Verständnis für die komplizierten Vorgänge im menschlichen Körper nur fördern. Und was der Mediziner mit Recht für seine praktische Betätigung braucht, das ist die Kenntnis der *Materia medica*, die dem Pflanzenschatz entstammt. Dies Gebiet ist in den Lehrbüchern der Botanik meist — wie auch ganz natürlich — zu kurz behandelt.

So drängte die Zeit allmählich dazu, diesen modernen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen.

Das Küstersche Buch hat damit den Anfang gemacht, und wie wir mit großer Genugtuung feststellen können, den richtigen Weg gefunden, um alle Interessen des Mediziners zu befriedigen. Der erste Teil umfaßt die *allgemeine Botanik*: Morphologie, Anatomie, Physiologie, Pflanzenchemie und Pflanzenpathologie, und der zweite Teil die *spezielle Botanik*: Kryptogamen und Phanerogamen.

Ganz entsprechend dem Leitmotiv, eine Botanik für Mediziner zu schreiben und das Lehrbuch auch möglichst kompensiös zu halten, ist sowohl aus der allgemeinen wie speziellen Botanik alles Überflüssige ausgeschaltet worden; dennoch fehlt vom Wesentlichen nichts und das Ganze bietet den Lehrstoff in voller Abrundung. Wie Küster ein Meister des Vortrages ist und sein Gebiet in vollendeter Form und mit pädagogischer Klarheit vorzuführen versteht, so ist auch das Buch eine ebenso ausgezeichnete Leistung. Aus jedem Kapitel spricht das Talent, dem Leser auch spröderen Stoff aufnahmefähig und interessant zu machen. Die Morphologie, Histologie sind im Hinblick auf die medizinischen gleichnamigen Gebiete ausführlich dargestellt, auch die physiologischen Gesetze, die einen Vergleich zwischen Tier- und Pflanzenleben nahelegen, finden sich eingehender behandelt. Die angewandte Botanik tritt bei der Pflanzenchemie, Pflanzenpathologie und vor allen Dingen im systematischen Teil besonders hervor. Hier werden beim Studium auch der Pharmakologie, der Pharmakognost, der Apotheker, der Drogist und jeder Gebildete auf ihre Rechnung kommen, denn jede Pflanze, die als Droge, als Rohstoff, als Giftpflanze oder im Lebensmittelgewerbe, in der Hauswirtschaft oder im täglichen Gebrauch eine Rolle spielt, ist genannt und beschrieben. Es muß dankbar begrüßt werden, daß in diesem Buche eigentlich alles zu finden ist, was der Mediziner auf botanischem Gebiet zu wissen wünscht. Große Sachkenntnis verbunden mit scharfem Blick, nichts beiseite zu lassen, was nötig ist, und dieses so darzustellen, daß es der Mediziner mit Genuß und Freude studieren und lernen kann, haben das Odium, die Botanik sei den Medizinern nur eine „dürre Heide“, hinweggenommen. Dabei wird das Geschriebene durch eine überreiche Zahl von wundervollen und charakteristischen Abbildungen aufs beste illustriert, die, zum allergrößten Teil Originale, das Buch beleben und fesselnd gestalten. Es unterliegt keinem Zweifel, daß dasselbe nunmehr das Werk sein wird, das der Mediziner zuerst für seine botanischen Studien heranziehen muß, weil es glänzend geschrieben, ausgezeichnet ausgestattet ist und für seine Zwecke besonders bearbeitet wurde. Auch dem Arzt und dem Praktiker, der seine früher erworbenen Kenntnisse auffrischen will, wird es stets ein Vergnügen und frohe Stunden bereiten, darin sich zu vertiefen.

R. O. Neumann, Bonn.

Wille, Johannes, *Biologie und Bekämpfung der deutschen Schabe (Phyllodromia germanica L.)*. Mono-

graphien z. angew. Entomologie Nr. 5. Beiheft z. Zeitschr. f. angew. Entomologie. Berlin, P. Parey, 1920. IV, 140 S., 53 Abb. und 2 Tafeln. Preis geh. M. 25,—.

Aus der umfangreichen Arbeit geht mit Deutlichkeit hervor, welche Fülle des biologisch Interessanten die einheimische Schädlingsfauna bietet, und es wäre nur zu wünschen, wenn an den Universitäten recht zahlreiche Dissertationen sich in gleicher Richtung bewegten wie die Willesche Monographie. — Der Verf. gibt in seiner Arbeit zunächst genaue Angaben über die *Züchtung* der Versuchstiere sowie über die mannigfache *Versuchstechnik*. — An der Hand von völlig neuen, sehr anschaulichen Abbildungen wird in einem weiteren Abschnitte die *Morphologie*, welche noch mancherlei Lücken bis dahin zeigte, behandelt. Die Geschlechtsunterschiede bei Larven und Vollkerfen, der Bau der Eikokons und Eier werden eingehend dargestellt. — Der Abschnitt über die *Biologie* ist am umfassendsten. Zur Behandlung kommen: Abstammung und Verbreitung, Lebensgemeinschaften und Wanderungen. Ferner wurde die Frage des Temperatureinflusses genau untersucht und ermittelt, daß das Temperaturoptimum bei $+20^{\circ}$ liegt, wobei ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Luft notwendig ist. Die Hauptaktivitätsperiode — festgestellt mit Hilfe des Aktographen nach Szymanski in Verbindung mit einem Kymographion — ermittelte Verf. für die Wintermonate zwischen 5—7 abends und $6\frac{1}{2}$ Uhr morgens. Während dieser Zeit wird die Nahrung aufgenommen. Die übrigen Stunden verbringen die Tiere in der Regel in ihren Schlupfwinkeln in Lauer- bzw. Ruhestellung. Behandelt wird fernerhin die Putztätigkeit, der Freßakt, die Lauf-, Sprung-, Flatterbewegungen, die Neigung zum Kannibalismus. Ausführliche Beobachtungen stellte Wille über den Begattungsakt an und es glückte ihm, denselben zum ersten Male lückenlos zu beobachten. Das vorangehende Liebespiel der Tiere wird genau geschildert und ebenso wie die seltsame Kopulationsstellung in sehr anschaulichen Abbildungen dargestellt. Die Vorgänge der Kokonbildung sind genau verfolgt und die jeweils wichtigen Stadien zeitlich festgelegt worden. Alles Dinge, über die bisher höchst ungenaue Angaben vorhanden waren. Welche Einflüsse hohe und niedere Temperaturen ausüben, wird in einem besonderen Kapitel erörtert. Weiterhin finden sich Angaben über die Fähigkeit, Hunger zu ertragen. — Der letzte Abschnitt behandelt die *Bekämpfung*. Verf. untersucht das Verhalten gegenüber Magen- und Atemgiften (z. B. Chlorkipkrin und Blausäure). Diese Ausführungen sind insofern besonders wertvoll, als angegeben wird, wieviel (analytisch ermittelte Mengen) der betreffenden Substanzen notwendig sind, um die Tiere zu töten. Auf diese Weise gelingt es, zu sicheren Vorstellungen zu kommen, welche Gifte überhaupt zu einer Bekämpfung geeignet sind. Dies ist um so wesentlich, da bisher derartige Feststellungen noch nicht gemacht wurden. — Ein umfangreiches Schriftenverzeichnis ist der wertvollen Arbeit beigegeben, über die wir hier nur einen orientierenden Überblick geben können.

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Stellwaag, F., *Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als Parasiten*. Monographien zur angewandten Entomologie Nr. 6. — Beiheft zur Zeitschrift für angewandte Entomologie. Berlin, P. Parey, 1921. 100 S. und 37 Abb. Preis M. 24,—.

Eingangs betont Verf. völlig mit Recht, welche großen Lücken die Bearbeitung der Schmarotzerwes-

pen, von einem einheitlichen Standpunkte aus betrachtet, noch aufweist. So umfangreich die Literatur über Einzelbeobachtungen ist — ein ausführliches Schriftenverzeichnis findet sich am Schlusse der Arbeit —, so sehr fehlt es an einer zusammenfassenden Darstellung der Lebereigentümlichkeiten, welche die parasitäre Natur dieser Formen kennzeichnen. In vieler Hinsicht füllt die Stellwaagsche Arbeit die bestehende Lücke aus. Das erste Kapitel ist mehr einführender Natur und handelt über den weiblichen Geschlechtsapparat, über die Eiablage und die verschiedenen Arten der Fortpflanzung, die Infektionsformen, die Wirtsfrage sowie über monophage und polyphage Arten. Das zweite Kapitel bewegt sich in entwicklungsgeschichtlicher Richtung, und die höchst seltsamen Erscheinungen der verschiedenen Larvenformen (Cyclopoid-, Planidiumlarven), sesshafte und wandernde Larven, Mono- und Polyembryonie kommen zur Besprechung. Die Beziehungen der Schmarotzerwespen zur unbelebten (Klima usw.) und zur belebten Umwelt (Hypo- und Superparasitismus) behandelt das nächste Kapitel. Mehr allgemeine Erörterungen bringt das vierte Kapitel. Verf. weist eindringlich darauf hin, wie viel der landläufige Ausdruck „biologisches Gleichgewicht“ nur als leerer Begriff gebraucht wird, auf wie unsicheren Füßen unsere diesbezüglichen Anschauungen stehen, und wie oft Einzelfälle unberechtigt verallgemeinert werden. Die Rolle, welche die Schmarotzerwespen bei der Übervermehrung ihrer Wirte spielen, bedarf, wie *Stellwaag* an Beispielen zeigt, noch umfassender Klärung. Bei dieser Gelegenheit stellt Verf. den Begriff der *Aerescenz* bzw. *Gradation* auf und will, daß unter letzterer Bezeichnung „die Gesamtheit der Erscheinungen vom Beginn einer Individuenzunahme über den Höhepunkt der Übervermehrung bis zum Abklingen verstanden wird. Den Inhalt des Begriffes sollen alle Ursachen und Bedingungen für das Massenaufreten überhaupt und für die Erscheinungsformen im besonderen bilden.“ (S. 75.) Reich an neuartigen Gedanken sind die Abschnitte desselben Kapitels, welches sich mit dem epidemiologischen Verhalten der Wirte beschäftigt. Zugleich übt Verf. Kritik an der bisherigen Arbeitsmethode der Phytopathologie. (S. 76.) Das Schlußkapitel bilden tabellarische Übersichten von verschiedenen Gesichtspunkten aus aufgestellt, um die Mannigfaltigkeit und Kompliziertheit dieses Arbeitsgebietes zu veranschaulichen. Z. B. stellt Verf. zusammen die Schlupfwespen, deren Wirte im Wasser wohnen, pflanzenbewohnende Chalciden, die verschiedenen Schmarotzer verschiedenen Grades der Olivenmotte, des Traubenwicklers, der Obstmade usw. — Wer in die Probleme der Schädlingsbekämpfung, besonders nach biologischen Gesichtspunkten, eindringen will, wird sich mit dem Stellwaagschen Buch auseinandersetzen müssen, gleich, ob er dem Verfasser in allen Punkten beipflichtet oder nicht.

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Wilhelmi, J., Die Kriebelmückenplage. Übersicht über die Simuliidenkunde, bes. in praktischer Hinsicht. Im Auftrage des Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten in Berlin bearbeitet. Mit Bericht über die am 10. Februar 1920 im gen. Ministerium erfolgte Beratung zur Bekämpfung der Kriebelmückenplage. Gustav Fischer, Jena, 1920. 246 S. und 23 Fig. im Text. Preis M. 13,—.

Seit 1½ Jahrhunderten beschäftigt die Kriebelmückenplage die landwirtschaftlichen Kreise aller Länder, ohne daß es bisher gelungen ist, eine befriedigende

Lösung der Frage zu erzielen. Die Kriebelmücken, die in etwa 150 Arten des einen Genus *Simulium* Latr. über die ganze Erde verbreitet sind — selbst die Polargebiete sind davon nicht ausgenommen — richten unter dem Vieh, in erster Linie unter den Rindern, Pferden, Eseln, jährlich großen Schaden an; auch liegen zahlreiche Angaben vor, nach denen die Mücken, auch die bei uns heimischen Arten, an Menschen Blut saugen. Eine genaue Statistik des Schadens ist bisher noch nicht aufgestellt worden, doch läßt sich eine Bewertung desselben aus den Angaben der letzten drei Dezennien (seit 1889) folgern, wonach in Deutschland für Rinder über 700 Erkrankungen, 40 Notschlachtungen und 354 Todesfälle, für Pferde 22 Erkrankungen und 8 Todesfälle gemeldet worden sind.

Die Literatur über die Kriebelmückenplage umfaßt etwa 400 Arbeiten und beginnt 1758 mit der Artbeschreibung durch *Linné*. *Wilhelmi* hat sie mit großem Fleiß und in übersichtlicher Weise chronologisch zusammengestellt und auch angegeben, wo schwer zugängliche Arbeiten eingesehen werden können. Seine genaue Kenntnis der Literatur setzte ihn in den Stand, die Kriebelmückenplage von allen Seiten zu beleuchten. So erhalten wir Aufschluß über die Systematik und geographische Verbreitung der Simuliiden, über die Morphologie und Anatomie, über die Biologie und die Schadwirkung, und schließlich über Maßnahmen zur Verhütung und Bekämpfung der Kriebelmückenplage. Sein Buch bedeutet für alle, die sich mit dem Gegenstand befassen, ein wertvolles Nachschlagewerk für alle einschlägigen Fragen, das besonders durch die genauen Literaturangaben einen bleibenden Wert erhält.

B. Harms, Berlin.

Schmid, Bastian, Von den Aufgaben der Tierpsychologie. Abhandl. z. theor. Biologie, herausgegeben v. J. Schawel. H. 8. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1921. IV, 43 S. und 11 Abb. Preis geh. M. 12,—.

In der von *Schawel* herausgegebenen Sammlung von „Abhandlungen zur theoretischen Biologie“, die uns in der letzten Zeit schon eine Anzahl wertvoller Arbeiten gebracht hat, haben jetzt auch die Aufgaben der Tierpsychologie durch *Bastian Schmid* eine gute Darstellung gefunden. Gerade auf dem Gebiete der Tierpsychologie, auf dem sich auf der einen Seite immer noch anthropomorphisierende Auslegungen breitmachen und auf der anderen Seite mechanistische Vorstellungen, welche die Realität des Psychischen innerhalb der Tierwelt überhaupt ablehnen, tut uns eine grundlegende Bearbeitung der Begriffe dieses Gebietes und eine Klarlegung der eigentlichen Aufgaben der Tierpsychologie außerordentlich not. Daher ist die vorliegende Schrift sehr zu begrüßen. Der Verfasser steht in einem gewissen Gegensatz zu den mechanistischen Deutungsversuchen. Er bedauert, daß man es verlernt habe, das Tier als eine organische Einheit zu sehen, die sich aus Organisation, Lebensweise und psychischer Veranlagung zusammensetzt. Die Tierpsychologie bedient sich zweier Hauptmethoden, der Beobachtung und des Experimentes. Wahre Kenntnisse über die Psyche kann uns nur Selbstbeobachtung liefern. Fremde Bewußtseinsvorgänge, Empfindungen usw. können wir nur auf Grund von Analogieschlüssen annehmen, auf Grund von sprachlichen Äußerungen, Handlungen und sonstigen Ausdrucksformen. Da die Tiere der (menschlichen) Sprache entbehren, müssen wir uns von vornherein klar sein, daß hier die Analogieschlüsse noch bedeutend unsicherer sind. Auch die experimentelle Methode der Tierpsychologie ist sehr beschränkt, zumal sie von der experimentellen Psycho-

logie des Menschen ausgegangen ist. Sie bedarf unbedingt der Ergänzung durch die Beobachtung. Auch Anatomie und Physiologie bilden wichtige Grundlagen; namentlich bei den wirbellosen Tieren hat uns die sogenannte Reizphysiologie manche Aufschlüsse gegeben. Die psychische Ausdeutung des Beobachteten darf man aber nicht vollständig ablehnen, nur darf man sie nicht voraussetzen.

Die heutige Tierpsychologie bei höheren Tieren ist im allgemeinen etwas einseitig, da sie sich im wesentlichen auf die intellektuellen psychischen Gebilde beschränkt; und doch sind das Instinktive und Triebhafte, das tierische Wollen und andere seelische Dinge mindestens ebenso wesentlich. Auch die Affekte werden wenig berücksichtigt. Daß die Beobachtung von freien oder in Gefangenschaft lebenden Tieren uns noch manche Aufgaben bietet, zeigt der Verfasser an einigen Beispielen, namentlich an dem Verhalten junger Haustiere, die frei von mütterlicher Beeinflussung aufgewachsen sind. Hierher gehören auch die Spiele der Tiere. Ausführlicher wendet sich dann der Verfasser einem bisher wenig berücksichtigten Gebiete zu, den Ausdrucksformen des tierischen Körpers, die uns bei näherer Analyse über das Gefühlsleben, die Gemütszustände und Affekte manchen Aufschluß geben können. Die Aufgaben, die gerade auf diesem Gebiete der Ausdruckserscheinungen des tierischen Körpers vorhanden sind, erläutert der Verfasser an einer größeren Anzahl von Beispielen, teilweise dargestellt auf Abbildungen von Tiermalern, die diese Ausdrucksformen im Bilde festgehalten haben. Auch die photographische und kinematographische Aufnahme von ausdrucksbefähigten Tieren kann uns weiter bringen. Nicht nur die Säugetiere, auch die Vögel besitzen mancherlei Ausdrucksmöglichkeiten. Doch müssen wir sehr kritisch vorgehen, da man gerade auf diesem Gebiete sehr leicht zu einer Übertragung menschlicher Affekte auf die Tiere verleitet wird. Die buchstabierenden und rechnenden Pferde und Hunde finden ihre gebührende „Würdigung“. Neben den Ausdrucksmitteln des Körpers finden wir bei den höheren Tieren noch eine weitere Ausdrucksmöglichkeit in der Sprache der Tiere; beide stehen in nahen Beziehungen. Auch sie verdient eine eingehendere Untersuchung. Von der Methode der phonographischen Aufnahme der Sprache verspricht sich der Verfasser sehr viel; am besten in Verbindung mit Kinematographie oder Photographie. Weitere Aufgaben sieht Schmid in der Analyse der Instinkte, des Triebens und des Lernens der Tiere. Es ist also eine Fülle von Aufgaben vorhanden, die in der kurzen Schrift größtenteils nur berührt werden konnten; doch war es sehr verdienstlich, auf manche bisher weniger beachtete Punkte nachdrücklich hingewiesen zu haben.

A. Pratje, Breslau.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen. O. Warburg (Biochem. Ztschr. 100, 1919, S. 230—270, ebda. 103, S. 188—217) rückt mit verfeinerten Methoden und besonders geeignetem Pflanzenmaterial dem Problem der Kohlensäureassimilation zu Leibe. Die zu den Versuchen verwendete einzellige Alge wurde suspendiert in Knopscher Nährlösung oder, um Vermehrung zu verhindern, in einer nährsalzfreien Lösung von Natriumkarbonat und Natriumbikarbonat verschiedenen Bedingungen ausgesetzt. Das Versuchsobjekt bietet gegenüber den bisher zu Assimilationsversuchen verwendeten Pflanzen die beiden wesentlichen Vorteile.

daß es infolge seiner Kleinheit sehr schnell die Temperatur des umgebenden Mediums annimmt und daß die Diffusion der Kohlensäure zu dem der Wand anliegenden Chloroplasten (und wohl auch die Beseitigung von Produkten der Assimilation) in sehr kurzer Zeit erfolgt.

Die Geschwindigkeit der CO_2 -Zersetzung wurde unter der Voraussetzung, daß gleich viel Moleküle O_2 aus CO_2 entstehen, aus den Druckänderungen des über der Zellsuspension befindlichen Gasgemisches unter Berücksichtigung der Absorptionskoeffizienten von Sauerstoff und Kohlensäure nach Methoden bestimmt, die durch Umbildung der Haldane-Barcroft'schen Methode der Blutgasanalyse entstanden. Als Lichtquelle dienten Metallfadenlampen. Die Differenz des Gaswechsels im Hellen und Dunkeln ergibt die Assimilation.

Bei den Resultaten ist vor allem überraschend, daß für die Beziehung zwischen Kohlensäurezersetzung einerseits und Kohlensäurekonzentration oder Lichtintensität andererseits keine Optimumkurven gefunden wurden. Trägt man die Geschwindigkeit der CO_2 -Zersetzung auf der Ordinate, die Werte der CO_2 -Konzentration oder der Beleuchtungsstärke auf der Abszisse ab, so erhält man in beiden Fällen Kurven, die mit zunehmendem Werte der Außenfaktoren erst schnell und fast geradlinig ansteigen, dann allmählich umbiegen und schließlich horizontal verlaufen. Die Assimilationsgröße nähert sich also allmählich einem konstanten Wert — nicht plötzlich, wie in früheren Versuchen, die von Blackman so gedeutet wurden, daß begrenzende Außenfaktoren das weitere Ansteigen der Assimilation verhinderten. Den Verlauf dieser Assimilationskurven erklärt der Verf. so, daß die Kohlensäure mit einem in der Zelle vorhandenen Stoff (Chlorophyll — Willstätter?) in Verbindung tritt, so daß die Menge der zersetzten Kohlensäure auch von der Konzentration dieses Stoffes abhängig sei. Sind alle Moleküle dieses Stoffes mit CO_2 in Verbindung getreten, kann eine weitere Steigerung der CO_2 -Konzentration einen Anstieg der Assimilation nicht mehr bedingen. Bei der Belichtung soll ein photochemisches Primärprodukt in einer mit der Lichtintensität steigenden Konzentration entstehen und dieses Primärprodukt mit einem zweiten in der Zelle vorhandenen Stoffe reagieren, durch dessen Konzentration schließlich die Größe der Assimilation bestimmt wird.

Wichtige Resultate zeitigten die Versuche mit intermittierender Beleuchtung. Bei hoher Intensität der Strahlung zersetzte eine bestimmte Energiemenge mehr CO_2 bei gleicher Belichtungszeit, wenn sie intermittierend als wenn sie kontinuierlich auffiel, und zwar bis zu fast 100 % mehr bei einer Wechselzahl von 8000/Minute. Bei niedriger Intensität der Strahlung zersetzte eine bestimmte Energiemenge bei intermittierender und kontinuierlicher Einwirkung gleich viel CO_2 . Die Befunde bei hoher Intensität erklärt der Verf. durch die Annahme, daß in den Dunkelperioden zersetzliche Substanz bis zur Herstellung eines Dunkelgleichgewichtes gebildet werde und daß in den Hellperioden die Assimilation gegenüber der kontinuierlichen Beleuchtung, bei welcher der zersetzliche Stoff nicht bis zur Konzentration des Dunkelgleichgewichtes gebildet werde, erhöht sei. Bei der Deutung der bisher referierten Versuche über die Beziehung des Lichtes zur Assimilation ist nach Ansicht des Ref. die Möglichkeit nicht genügend berücksichtigt, daß trotz des kurzen Weges vom Außenmedium bis zum CO_2 -reduzierenden Chloroplasten die Versorgung mit Kohlensäure als hemmender Faktor in Frage kommt.

Die CO_2 -Zersetzung steigt bei Beginn der Beleuch-

tung mit hoher Intensität, wie sich bei Versuchen mit 1—4 Minuten langen Dunkelperioden zeigte, im Laufe von *einigen Minuten* (Induktionszeit) zu konstantem Werte an. Bei geringer Intensität ist sie von Anfang an konstant.

Ein Einfluß des Sauerstoffdruckes war nur bei hohen Lichtintensitäten festzustellen, und zwar nahm die CO_2 -Zersetzung bei von $\frac{1}{50}$ —1 at zunehmendem Sauerstoffdruck erst schnell, dann immer langsamer ab.

Der Temperaturkoeffizient ist unabhängig von der Kohlensäurekonzentration. Bei hohen Lichtintensitäten sinkt er zwischen 5° und 32°C von 4,3 auf 1,6. Bei niedrigen Intensitäten nähert er sich dem Werte 1. Die Assimilation ist unter dieser Bedingung also nicht von der Temperatur abhängig.

Narkotika (Urethan-Alkyl-Verbindungen) hemmen die Assimilation um so mehr, je stärker sie absorbierbar sind. Kohlensäurekonzentration und Beleuchtungsintensität sind von geringem Einfluß. Die Atmung wird von den gleichen Substanzen mit zunehmender Konzentration erst beschleunigt, dann gehemmt.

Blausäure hemmt die Assimilation bei hohen Werten der CO_2 -Konzentration und Lichtintensität stark, bei niedrigen fast gar nicht. Bei hoher Intensität der Bestrahlung und geringer CO_2 -Konzentration ist die Hemmung schwach. Sie steigt mit zunehmendem Blausäuregehalt bis zu einem konstanten Wert, und zwar bis zu dem Punkt, an dem Gleichgewicht zwischen Assimilation und Atmung besteht. Zwischenprodukte der Atmung können also auch bei hohem Blausäuregehalt noch photochemisch reduziert werden, während die Sauerstoffabspaltung aus Kohlensäure gehemmt wird. Der Verf. schließt aus diesen Versuchen, daß die Kohlensäure in der bestrahlten grünen Zelle erst nach einer chemischen Umwandlung reduziert wird und daß die Wirkung der Blausäure nur darin besteht, daß sie diese Umwandlung hemmt.

Auf Grund der referierten experimentellen Befunde stellt der Verf. folgende im Original näher begründete *Theorie der Assimilation* auf: „Der photochemische Primärvorgang, in dem Sauerstoff nicht abgespalten wird, besteht in einer Wirkung auf das Chlorophylmolekül und führt zur Bildung des photochemischen Primärproduktes. Die Bildungsgeschwindigkeit derselben ist der in der Zeiteinheit absorbierten Strahlung proportional. Die Konzentration des photochemischen Primärproduktes ist durch die Geschwindigkeit der Bildung und des Verbrauchs bestimmt.

Das photochemische Primärprodukt reagiert in Sekundärreaktion mit dem Acceptor.

Acceptor ist nicht die Kohlensäure, sondern ein Kohlensäurederivat, das sich in der Zelle — unter intermittierender Bindung an einen Zellbestandteil — „in einer Kette von chemischen Reaktionen bildet.“ Zu dem photochemischen Primärvorgang und den Sekundärreaktionen kommt in der Zelle eine dritte Klasse von Reaktionen, die der Acceptorbildung. Die Acceptorbildung ist eine Folge freiwillig verlaufender Reaktionen, die ohne Bestrahlung durch Anhäufung der Endprodukte schnell zum Stillstand kommen. Bei Bestrahlung werden diese Endprodukte — die Acceptoren — in der Sekundärreaktion verbraucht, wobei das Dunkelgleichgewicht gestört wird.“ Für die Geschwindigkeit der Assimilation ist bei hoher Intensität der Bestrahlung die Acceptorbildung, bei niedriger Intensität die Reaktion zwischen Acceptor und photochemischem Primärprodukt maßgebend. *Bachmann.*

Über die Bestimmung des Alters bei Honigbienen. (*Helen L. M. Pixell-Goddrich*, Quart. Journ. of Microscop. Science Bd. 64, Part 2, S. 191—206, 1920.) In der praktischen Bienenzucht ist es oft von Wert, zu wissen, ob eine bestimmte Biene an Altersschwäche gestorben ist; denn nur im entgegengesetzten Falle kann es einen Sinn haben, nach Krankheitsserregern bei ihr zu suchen. Zuverlässige äußere Merkmale zur Bestimmung des Alters gibt es nicht, insonderheit versagt die oft herangezogene Abnutzung des Haarkleides völlig. Dagegen ließen sich, zufolge den Angaben der Verf., objektive *Anhaltspunkte aus dem histologischen Studium der Ganglienzellen gewinnen*. So wurden besonders die großen Ganglienzellen mit im Durchmesser 8—12 μ haltenden Kernen aus dem suboesophagalen Teile des Gehirns untersucht. Hier bestehen an Serienschnitten jederzeit leicht festzustellende Altersveränderungen, die sich hauptsächlich in einem zunehmenden Schwunde des Zellplasmas äußern: Je älter die Biene, um so stärker vakuolisiert erscheint das Randplasma ihrer Ganglienzellen, bis zuletzt beispielsweise bei überwinterten Arbeiterinnen, die zum Auffliegen schon nicht mehr die Kraft haben, nur mehr spärliche Plasmareste um den mehr oder weniger nekrotischen Kern wahrzunehmen sind. Offenbar nimmt auch die Anzahl der Ganglienzellen mit zunehmendem Alter etwas ab. Das zur Altersbestimmung ebenfalls wichtige Studium der Drüsen im Kopfe und Halse ist noch nicht ganz abgeschlossen. Ein Paar oesophagaler Drüsen wurde neu entdeckt. Bedeutsam sind z. B. die Pharynxdrüsen: Während der ersten Lebensperiode der Arbeiterin, die ausschließlich im Stocke als Amme sich betätigt, sind sie in voller Funktion, das Zellplasma erscheint hyperchromatisch; während der folgenden Periode der Ausflüge zur Nahrungssuche dagegen erscheinen die Drüsen erschöpft und ihre Zellen sehen geradezu nekrotisch aus.

Otto Koehler, Breslau.

(Ber. über die ges. Physiol.)

Über die Entdeckung der wirksamen Substanz der Schilddrüse. (*Erik M. P. Widmark*, Svenska Läkartidn. Jg. 17, Nr. 11, S. 242—246, 1920.) Besprechung der Arbeiten von *E. C. Kendall* (Rochester, Amerika, Klinik: Gebrüder Mayo; in Journ. of Biolog. Chem. 1919 veröffentlicht). *Kendall* ist es nach 10-jähriger Arbeit gelungen, aus der Schilddrüse einen stark jodhaltigen, kristallinischen, genau definierbaren Körper: *Thyroxin* zu isolieren. Jodgehalt 65,1 %, Molekulargewicht 585. Nach der Konstitutionsformel handelt es sich um eine Trihydrotrijodoxy-n-indolpropionsäure, die auch synthetisch dargestellt werden kann. Die physiologische Wirkung des Thyroxins ist die gleiche wie die des Thyreoidins, nur viel stärker und vor allem konstanter und genau dosierbar. Der Stoffumsatz kann durch Thyroxininjektionen sowohl bei Myxödem wie beim gesunden Menschen bis 30 % erhöht werden. Die Erhöhung geht Hand in Hand mit der Steigerung der injizierten Thyroxinmengen. Das Thyroxin enthält Tryptophan. Da nun der Organismus Tryptophan nicht synthetisieren kann, müßte man nach *Widmark* bei Hyperthyreoidismus versuchen, tryptophanarme Nahrung den Patienten zu geben. In Amerika hat die Firma *E. R. Squibb and Son*, New York (nach Journ. of Americ. Med. assoc. 1919) Thyroxin bereits in Tablettenform in den Handel gebracht.

Ylppö, Charlottenburg.

(Ber. über die ges. Physiol.)

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 21. (Seite 399—422)

27. Mai 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Der Aufbau der Stärke und des Glycogens. Von *P. Karrer, Zürich.* S. 399.

Ueber die Bedeutung der unbewußten Ausdrucksbewegungen für die Identifizierung geistiger Vorgänge. Von *Otto Löwenstein, Bonn.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 403.

Die Heißdampflokomotive. Von *Ludwig Schneider, München.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 409.

Besprechungen:

Köhler, W., Die physischen Gestalten in Ruhe und in stationärem Zustand. Von *K. Koffka, Gießen.* S. 412.

Exner, Franz, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. Von *Hans Reichenbach, Stuttgart.* S. 414.

Kronacher, C., Allgemeine Tierzucht. Von *K. Ereky, Budapest.* S. 413.

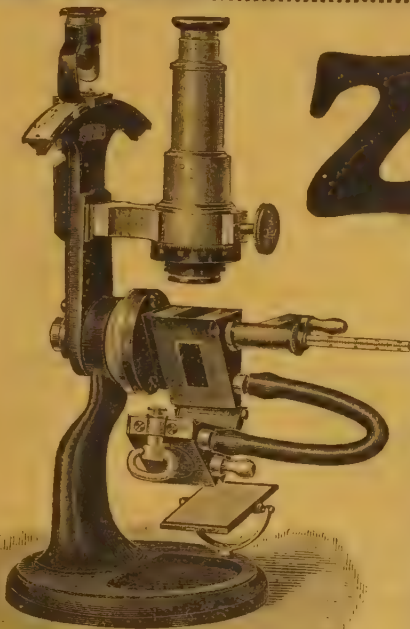
Deutsche Geologische Gesellschaft:
Studien über Transgressionen. Die unterneokome Störungsphase im westlichen Osning. S. 416.

Physikalische Mitteilungen. S. 416—420.

Das Spektrum des Heliums im extremen Ultraviolett. Neue Versuche über den Durchgang von α -Teilchen durch Materie. Selektive Reflexion von Wärmewellen durch Systeme linearer Resonatoren. Ein absolutes Voltmeter für 250 000 Volt Effektivspannung. (Mit 2 Abbildungen.)

Astronomische Mitteilungen. S. 421—422.

τ Cygni. Studie des Lichtwechsels von Algol.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe	• Refraktometer
Butter	• Refraktometer
Eintauch	• Refraktometer
Zucker	• Refraktometer
Pulfrich	• Refraktometer
Kristall	• Refraktometer
Differenz	• Refraktometer
Milchfett	• Refraktometer

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52
10	20	30	40

 maliger Wiederholung

40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

WARUM

haben Sie sich bei Ihrem Bedarf an
Büchern bisher noch nie an mich gewandt?
Ich beschaffe Ihnen

ALLE

Werke, vergriffene auf Wunsch auch
antiquarisch zu angemessenen Preisen.
Bedenken Sie, dass die

BÜCHER

bei der jetzigen allgemeinen Teuerung
in guter Ausstattung noch die billigsten
Erzeugnisse sind und daher auch als
Geschenk die dankbarste Anerkennung
finden. Wünschen Sie ein Verzeichnis

UMSONST?

So Schreiben Sie noch heute an

(246) **KARL W. GRUHL,**
Versandbuchhandlung,
LEIPZIG 18, Scharnhorststr. 63.

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang
Berlin

Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abt. geb. Gegenst.)



Von der 2. Auflage von **IV**
Chwolson, Lehrbuch der Physik

liegt fertig vor:

Band I, Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 34.55 Mk.

Abt. II: **Lehre von den gasförmigen,
flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 38.40 Mk.

Band II, Abt. I: **Lehre vom Schall**
Gebunden 23.— Mk.

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75 (225)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb

mit besonderer Berücksichtigung der Zwischen- und Abdampfverwertung zu Heizzwecken

Eine kraft- und wärmewirtschaftliche Studie
von

Dr.-Ing. **Ludwig Schneider**

Dritte, neu bearbeitete Auflage

Mit 159 Textfiguren — Preis M. 16.—; gebunden M. 20.—

Hierzu Teuerungszuschlag

Der Aufbau der Stärke und des Glycogens.

Von P. Karrer, Zürich.

Die Kartoffelstärke ist, wie andere Reservekohlenhydrate, bisher als ein sehr hochmolekularer Stoff aufgefaßt worden, in dem zahlreiche Traubenzuckerreste glukosidartig zu Ketten vereinigt sind. Schematisch gestaltet sich dieses Bild etwa wie folgt:



Solche hochmolekulare Formeln hat man hauptsächlich durch Molekulargewichtsbestimmungen gestützt. Nur ganz vereinzelt tauchte der Verdacht auf, das Molekül der Stärke könne nicht so groß, die Traubenzuckerkette nicht so lang sein, wie dies die Molekulargewichtsbestimmungen glauben machen wollen. So hatte z. B. schon *Mylius*¹⁾ bei der Untersuchung der Jodstärke den Eindruck, „daß die Schlußfolgerungen, welche zu einer umfangreichen Stärkemolekel geführt haben, auf Voraussetzungen gegründet sind, deren Richtigkeit nicht außer Zweifel steht“. Besonders aber hat *H. Pringsheim*²⁾ in neuerer Zeit bei seinen wertvollen Untersuchungen über die Amylosen die „Mutmaßung ausgesprochen, daß im Molekül der Stärke ein Grundkörper vorhanden ist, dessen polymerer Zustand einen nicht unbeträchtlichen Teil der Stärkechemie zu erklären imstande ist“. Den Grundkörper hält *Pringsheim* für einen Ringzucker; er dachte zunächst an die sog. Triamylose, auf welche weiter unten eingegangen wird, hat diese Hypothese aber selbst wieder verworfen.

Die Molekulargewichtsbestimmungen der Stärke sind fast immer in Wasser ausgeführt worden; es liegt auf der Hand, daß sie für die Bestimmung der eigentlichen Molekülgröße nutzlos sind, sofern die Stärke in Wasser kolloide Lösungen bildet. Da letzteres der Fall ist, so darf diesen Molekulargewichtsbestimmungen keine Bedeutung zugemessen werden. *E. Beckmann* und *Maria Maxim*³⁾ fanden, daß sog. lösliche Stärke sich in Chloralhydrat auflöst. Sie bestimmten in diesem Lösungsmittel ihr Molekulargewicht und fanden es $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_4$; doch legen sie der Bestimmung selber nicht großes Gewicht bei, da

Chloralhydrat manche Zucker, wie z. B. den Rohrzucker, abzubauen scheint.

Meine bisherigen Untersuchungen über den Bau der Kartoffelstärke, die ich zusammen mit mehreren jüngeren Mitarbeitern ausführte, zerfallen in 3 Teile: der erste Teil umfaßt die Methylierung der Stärke, der zweite die Untersuchung der durch den *Bacillus macerans* aus Stärke entstehenden Amylosen, der dritte die Acetylierung der Stärke. Die Versuche sind größtenteils veröffentlicht in den *Helvetica Chimica Acta*⁴⁾.

1. Methylierung der Stärke.

Durch Jodmethyl und Silberoxyd, durch Alkali und Dimethylsulfat und durch Barytwasser und Dimethylsulfat läßt sich die Stärke methylieren. Die Methylostärke hat, je nach der benutzten Darstellungsmethode, verschiedenen Methoxylgehalt. Maximal konnten bisher ca. 35 % OCH_3 eingeführt werden, das entspricht annähernd 5 Methoxylgruppen auf den Zuckerrest $\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{10}$; meistens wurden aber Präparate gewonnen, die genau 4 Methoxyle, d. h. 52 % OCH_3 besaßen.

Die Methylostärke ist sowohl in Wasser wie in Chloroform, Bromoform, Phenol, Alkohol leicht löslich. Die wässrigen Lösungen sind ultrafiltrierbar und nach der Filtration optisch leer; sie zeigen keinen Tyndalleffekt. Aus ihnen läßt sich die Methylostärke bei vorsichtigem Eindunsten zurückgewinnen; sie kann nachher in Wasser oder Chloroform wieder aufgelöst werden; solche Lösungen zeigen im Ultramikroskop keine Kolloidteilchen. Die Methylostärke ist somit in Wasser, Chloroform, auch Phenol in echter Lösung.

Molekulargewichtsbestimmungen der Methylostärke in Wasser und Phenol ergaben Molekulargewichte von 800 bis 1200, und zwar übereinstimmend bei methylierter Kartoffelstärke wie bei Weizen und Reisstärke.

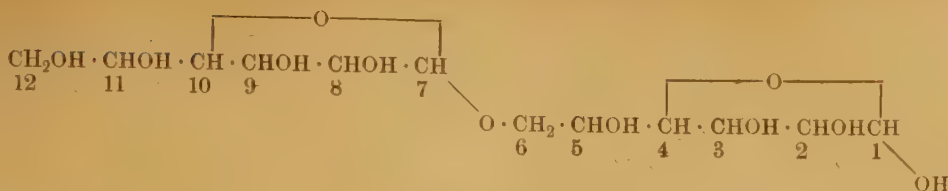
Es erhebt sich jetzt die Frage, ob diese Molekulargewichte der Methylostärke auch etwas über die Größe der Stärkemolekel selbst aussagen können. Soll dies der Fall sein, so muß erst der Nachweis erbracht werden, daß unter den angewandten Methylierungsbedingungen glukosidische Bindungen, d. h. Bindungen, welche die einzelnen Zuckerreste miteinander verketteten, nicht zer-

¹⁾ Ber. 20, 6886 (1887).

²⁾ Ber. 45, 2533 (1912), 46, 2959 (1913), 47, 2565 (1914). Die Polysaccharide. Berlin 1919.

³⁾ Ber. 47, 2875 (1914).

⁴⁾ Helv. 3, 620 (1920), 4, 169, 174, 185, 249, 263 (1921).



Die Acetobrommaltose leitet sich von der Maltose dadurch ab, daß die OH-Gruppe am Kohlenstoffatom 1 durch Brom ersetzt und alle übrigen Hydroxylgruppen acetyliert sind.

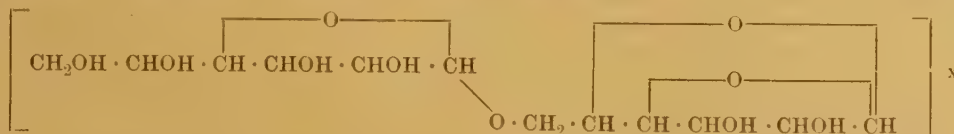
Da die Diamylose kein Reduktionsvermögen besitzt, und bei der Anhydridöffnung mittelst Acetylbromid Acetobrommaltose entsteht, so muß in der Diamylose der Anhydridring von der Hydroxylgruppe 1 nach irgendeiner anderen geschlossen sein. Diese zweite OH-Gruppe läßt sich noch nicht genauer bestimmen.

Die β -Triamylose ist ihrer Konstitution nach noch unaufgeklärt. Sie gibt beim Aufbewahren mit Acetylbromid bei gewöhnlicher Temperatur keine Bromverbindung.

3. Acetylierung der Stärke mittelst Acetylbromid.

Nachdem mir die Überführung der α -Amylosen mit Acetylbromid zu Acetobrommaltose gelungen war, habe ich auch die Stärke der analogen Einwirkung von Acetylbromid ausgesetzt. Dabei konnten wir bis zu 60 % Acetobrommaltose gewinnen. Eine Spur Eisessig muß bei der Reaktion anwesend sein.

Um diesen Versuch richtig einzuschätzen, ist es notwendig, sich zu erinnern, daß Acetylbromid bei gewöhnlicher Temperatur im Verlauf einiger Tage glukosidische Bindungen nicht, oder höchstens spurenweise, lösen kann. Sowohl Cello-



biose, als auch Rohrzucker, Maltose, Lactose usw. werden durch Acetylbromid unter den angegebenen Bedingungen nicht in die Monosaccharide zerlegt. Wenn daher die Stärke, wie die Amylosen der α -Reihe, durch Acetylbromid in Acetobrommaltose übergeht, so kann diese Tatsache nur dahin gedeutet werden, daß in der Stärke nicht mehr wie zwei Glukosereste in der Maltoseform durch Hauptvalenzen chemisch vereinigt sind.

4. Diskussion der Versuche.

Im folgenden seien alle jene Stärkeabbaureaktionen zusammengestellt, die bisher zu einheitlichen, kristallisierten Produkten führten:

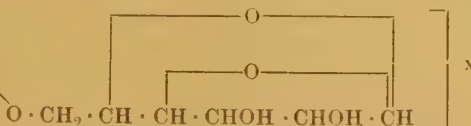
- durch Diastase wird Stärke zu 100 % in Maltose übergeführt. Ein Tri- oder Tetrasaccharid wurde nie beobachtet.
- bei vorsichtiger Säurehydrolyse bildet sich neben Traubenzucker Maltose; ein höheres kristallisiertes Saccharid wurde nie beobachtet;

c) durch den *Bacillus macerans* wird Stärke in Maltoseanhydrid (Diamylose) und deren Polymere verwandelt. Daneben entsteht die β -Hexamylose, das Polymere der Triamylose.

d) Acetylbromid, das glukosidische Bindungen kaum angreift, baut Stärke zu Acetobrommaltose ab; auch hier wurde ein Tri- oder Tetrasaccharid nicht beobachtet.

In allen diesen Abbaureaktionen, auch jenen, die glukosidische Bindungen erfahrungsgemäß nicht lösen, erscheint als höchstes kristallisiertes Produkt die Maltose oder deren Anhydrid, die Diamylose (die Triamylose ist die einzige Ausnahme; von ihr soll unten die Rede sein). Auf der anderen Seite sind die Amylosen wie andere Zuckeranhydride¹⁾ Stoffe, die außerordentlich zur Polymerisation neigen, deren Polymerisation man schon im Reagenzglas bis zur Oktamylose durchführen kann und die sich in Wasser oder Glycerin ineinander umwandeln.

Diese Gründe führen mich zum Schluß: die Stärke ist polymeres Maltoseanhydrid, polymere Diamylose; sie stellt sich der α -Tetra-, α -Hexa-, und α -Oktamylose an die Seite, hat aber einen anderen Polymerisationsgrad als diese²⁾. Die Stärkeformel ist etwa in folgender Art zu schreiben:



wobei die Lage der Anhydrosauerstoffbrücke noch unbestimmt ist.

Wenn diese Auffassung richtig ist, so wird man verlangen müssen, daß die α -Amylosen und die Stärke in ihrem chemischen Verhalten weitgehende Ähnlichkeit zeigen. Dies ist nun in der Tat der Fall.

Die Stärke gibt bekanntlich mit Jod die prächtig blaue Jodstärke, die unter geeigneten Bedingungen auch aus der Lösung ausgefällt werden kann. Die Farbe der Jodstärke verschwindet beim Erwärmen, kommt aber beim Erkalten der Lösung wieder zum Vorschein. Analog verhalten sich die α -Amylosen. Tetramylose z. B. gibt in nicht zu

¹⁾ H. Pringsheim und Eißler 46, 2959 (1913); P. Karrer, *Helv. Chim. Acta* 4, 169; A. Pictet, *Helv. Chim. Acta* 1, 226 (1918).

²⁾ Da Polymerisationen u. U. in verschiedener Richtung verlaufen können, so sei die Frage noch offen gelassen, ob sie bei der Stärke und den Amylosen genau in demselben Sinn vor sich gegangen ist oder ob Polymerisationsisomere vorliegen.

verdünnter wässriger Lösung mit Jod eine prachtvolle blaue Lösung, aus der sich nach kurzem Stehen blaue Kristallnadeln absetzen. Die blaue Farbe verschwindet beim Erhitzen, kehrt aber beim Erkalten wieder zurück. Ein kleiner Unterschied besteht allerdings in der Beständigkeit der blauen Farbe gegenüber Verdünnung. Während Stärke mit Jod auch in sehr verdünnter Lösung blau gefärbt wird, kommt bei der α -Tetramylose die Farbe erst bei einer gewissen Konzentration zum Vorschein. Aber solche graduelle Unterschiede in der Jodreaktion existieren auch unter den Amylosen selber: die α -Oktamylose gibt mit Jod keine eigentlich blaue Lösung, wohl aber blaue Nadeln der Additionsverbindung, und bei der Diamylose liegen die Verhältnisse wieder etwas anders. Die wichtige Analogie in bezug auf die Jodreaktion ist bei der Stärke und den α -Amylosen offensichtlich: alle treten mit Jod unter geeigneten Bedingungen zu blauen Additionsprodukten zusammen, deren Farbe in der Wärme verschwindet, beim Erkalten neuerdings erscheint.

Für Stärke charakteristisch ist ihre Eigenschaft mit Bariumhydroxyd, Strontiumhydroxyd und Calciumhydroxyd schwer lösliche Doppelsalze zu geben; die sog. Dextrine lassen mit den Erdkalihydroxyden erst auf Zusatz von etwas Alkohol Niederschläge ausfallen. Bei den Amylosen erkannte ich ein vollkommen analoges Verhalten¹⁾. α -Oktamylose gibt mit Barytwasser einen sehr schwer löslichen Niederschlag der Barytverbindung; bei der α -Tetramylose fällt die Doppelverbindung erst auf Zusatz von wenig Alkohol aus.

Stärke liefert nach A. Pictet²⁾ bei der Vakuumdestillation Laevoglucosan; aus Maltose und gewöhnlicher α -Glukose bildet sich solches nach demselben Autor bei der Destillation nur spurenweise, während die β -Glukose durch Vakuumdestillation nach meinen Beobachtungen zum Teil in Laevoglucosan übergeht³⁾. Die α -Tetramylose verhält sich bei der Vakuumdestillation genau wie Stärke: wir konnten aus ihr sogar besonders gute Ausbeute an Laevoglucosan erzielen⁴⁾.

Aus allen diesen mitgeteilten Tatsachen geht hervor, daß die Analogie zwischen den α -Amylosen und der Stärke eine weitgehende ist. Sie stützt meine Auffassung, daß die Stärke einen ganz bestimmten polymeren Zustand der Diamylose, des Maltoseanhydrids darstellt. Wie hoch der Polymerisationsgrad ist, kann vorläufig nicht entschieden werden. Der kristallisierte Zustand der Stärke scheint uns dafür zu sprechen, daß er nicht sehr hoch sein kann. Die durch Molekulargewichtsbestimmungen vorgetäuschten hohen Molekulargewichte der Stärke sind darauf zurück-

zuführen, daß die Stärke in Wasser unlöslich ist und eine Zertrümmerung der Stärkekristalle bis zum Molekularzustand durch Aufquellen in Wasser nicht eintritt¹⁾.

In einem Punkte besteht zwischen den α -Amylosen und der Stärke ein größerer Unterschied: während letztere durch Diastase bekanntlich in Maltose übergeht, sind die α -Amylosen gegen gewöhnliche Diastase resistent, werden allerdings durch Takadiastase hydrolysiert. Bei der überaus großen Spezifität der Fermente ist es wahrscheinlich, daß die Diastase nur auf den speziellen Polymerisationsgrad der Stärke eingestellt ist. Man weiß, wie wählerisch z. B. das Trypsin ist und wie es nur ganz bestimmte Polypeptide abbaut, andere vollkommen unberührt läßt.

Die β -Amylosen, auf die oben kurz verwiesen wurde, weil die β -Hexamylose bei der Entpolymerrisation der Stärke durch den *Bacillus macerans* neben den α -Amylosen auftritt, halten wir für Produkte, die mit der Stärke nur indirekte Beziehung haben. Wir stützen diese Ansicht darauf, daß die β -Amylosen mit Acetylbromid bei gewöhnlicher Temperatur keine Bromverbindung liefern und sich darin also vollkommen anders verhalten wie Stärke und die α -Amylosen. Mit Jod geben die β -Amylosen nicht blaue, sondern braune Additionsverbindungen. — Die β -Triamylose läßt sich im Reagenzglas experimentell aus α -Amylose durch Erhitzen mit Wasser bereiten; sie entsteht leicht aus der α -Reihe. Das Auftreten der β -Amylosen bei der Stärkeentpolymerrisation durch den *Bacillus macerans* führen wir daher auf einen analogen Übergang aus der α - in die β -Reihe zurück.

Die sog. „lösliche Stärke“ und die Stärkedextrine betrachten wir als Polymere der Diamylose mit niedrigerem Polymerisationsgrad als ihn Stärke aufweist; sicher liegen in diesen Stoffen immer Gemische von verschiedenen Polymeren vor, was ihre Kristallisation verhindert. Unter den reduzierenden Stärkedextrinen hat man sich polymerisierte Amylosekomplexe vorzustellen, in denen die Sauerstoffbrücken der Diamylosemolekel teilweise gesprengt sind; so kommen aldehydische Eigenschaften und damit Reduktionskraft gegenüber Fehlingscher Lösung zum Vorschein.

Das Glykogen ist nach allem, was wir bisher wissen, mit der Stärke sehr nahe verwandt. Sowohl bei fermentativer Spaltung wie bei der Säurehydrolyse liefert es dieselben Spaltungsprodukte wie die Stärke. Der *Bacillus macerans* baut nach H. Pringsheim das Glykogen zu denselben Amylosen ab, die auch aus Stärke erhalten wurden²⁾.

Ich konnte zeigen, daß Acetyl-bromid mit Glykogen in ganz derselben Weise reagiert wie mit Stärke. Man erhält Acetobrom-maltose. Die Betrachtungen, die wir über den Aufbau der Stärke

¹⁾ Unveröffentlicht.

²⁾ Helv. Chim. Acta 1, 87 (1918).

³⁾ Helv. Chim. Acta 3, 258 (1920).

⁴⁾ Unveröffentlicht.

¹⁾ Helv. Chim. Acta 3, 620 (1920).

²⁾ Bd. 49, 364 (1916).

anstellten, haben daher auch für das Glykogen Gültigkeit; ich fasse Glykogen als polymerisierte Diamylose auf: der Polymerisationsgrad ist aber ein anderer als derjenige der Stärke.

Die Stärke ist der wichtigste Reservestoff der Pflanzen. Ihre Bestimmung bringt es mit sich, daß sie von der Pflanze rasch gebildet und unter Umständen ebenso rasch wieder in Zucker zurückgeführt werden muß. Man darf daher erwarten, daß die Pflanze zur Bildung ihres Reservestoffes eine Reaktion wählen wird, die möglichst wenig Energieumsatz benötigt. Dies wäre offenbar nicht der Fall, wenn sie aus Traubenzuckermolekeln lange Ketten glukosidisch aufgebauter Polysaccharide synthetisieren würde, um diese Ketten vielleicht nach ganz kurzer Zeit, bei dem Verbrauch der Stärke, wieder zu spalten. Im Sinn meiner Auffassung der Stärke als polymere Form des Maltoseanhydrids stellt sich die Reservestoffbildung in der Pflanze jetzt in folgender Weise dar: will die Pflanze die Kohlenhydrate deponieren, so anhydriert sie die aus Glukose entstehende Maltose. Dabei entsteht die Diamylose, das Maltoseanhydrid, das zur Nebenvalembetätigung neigt und daher in eine polymere Form, die Stärke, übergeht. Ob diese Polymerisation exothermer oder endothermer Natur ist, wurde noch nicht untersucht; jedenfalls verläuft sie aber unter verhältnismäßig geringer Wärmetönung und wird daher den Energieumsatz der Pflanze wenig belasten. Die Stärkebildung aus Diamylose stellt sich einem einfachen Kristallisationsvorgang oder einer Ausflockung an die Seite, die auch infolge Nebenvalembetätigung der Stoffe vor sich gehen. In dem Moment, in dem die Stärke in Zucker zurückverwandelt werden muß, werden die Fermente (Diastase) die Entpolymerisation einleiten, der sich gleichzeitig oder nachträglich die Öffnung des Anhydridringes der Anhydromaltose beigesellt.

Es erscheint sehr wahrscheinlich, daß nicht nur die Stärke und das Glycogen Polymere von Anhydrozuckern sind, sondern daß auch zahlreiche andere Reservestoffe der Pflanze nach diesem Prinzip sich aufbauen. Es dürfte dies vor allem zutreffen für das Inulin, möglicherweise auch für die sog. Gummiarten und Pentosane. Ob dagegen die eigentlichen Gerüstsubstanzen, wie die Zellulose, sich diesem Prinzip unterordnen, kann heute noch nicht gesagt werden.

Über die Bedeutung der unbewußten Ausdrucksbewegungen für die Identifizierung geistiger Vorgänge.

Von Otto Löwenstein, Bonn.

Die körperlichen Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge sind — soweit sie Puls, Atmung, Blutdruck und Füllungszustand der Blut-

gefäße betreffen — in den letzten Jahrzehnten Gegenstand vielfacher Untersuchungen gewesen. Und wenn diese Untersuchungen auch keineswegs zu eindeutigen Resultaten bezüglich der Gesetzmäßigkeiten, die im psychophysischen Geschehen obwalten, geführt haben, so haben sie doch das eine außer allen Zweifel gestellt: daß es nämlich überhaupt Gesetzmäßigkeiten sind, die das psychophysische Geschehen allgemein beherrschen, wenn auch die besondere Form dieser Gesetzmäßigkeit noch bei weitem nicht überall erkannt ist. Das scheint auf den ersten Blick eine Selbstverständlichkeit zu sein, zu deren Feststellung es nicht erst umfangreicher experimenteller Untersuchungen bedurft hätte; denn es ist doch eine dem Naturwissenschaftler selbstverständliche Vorstellung und sogar eine der notwendigen Voraussetzungen aller Naturforschung, daß jedem Naturgeschehen seine Gesetzmäßigkeiten innewohnen. Das konnte natürlich auch für diejenigen nicht fraglich sein, die das Verhältnis der psychischen Vorgänge zu ihren körperlichen Begleiterscheinungen zum Gegenstand ihrer Untersuchungen machten. Aber es war für sie doch die Frage, inwieweit die hier geltenden Gesetzmäßigkeiten individuell begrenzt wären; ob nicht der Besonderheit, die jedem menschlichen Individuum im Denken, Fühlen und Wollen zukomme, auch ihre besondere körperliche Ausdrucksform entspreche, die von der aller andern Menschen verschieden sei. Und wenn auch bei dem gleichen Individuum zu dem gleichen Seelenzustand immer die gleiche körperliche Ausdrucksform gehöre, so war doch die Frage, ob diesem gleichen Seelenzustand die analoge Ausdrucksform auch bei jedem andern Individuum zukomme. Denn es wäre — allgemein naturwissenschaftlich gesprochen — sehr wohl denkbar, daß die bei verschiedenen Menschen verschiedene individuelle körperliche und seelische Konstitution die körperlichen Ausdrucksformen in charakteristischer Weise beeinflussen; daß ebensowenig, wie es zwei Menschen gibt, die körperlich und geistig einander gleich sind, daß es ebensowenig eine Übereinstimmung in den körperlichen Begleiterscheinungen seelischer Vorgänge bei den verschiedenen Menschen geben könne. Die empirischen, besonders die experimentellen Untersuchungen haben jedoch gelehrt, daß das nicht richtig ist; sie haben gezeigt, daß es im psychophysischen Geschehen in der Tat eine Gesetzmäßigkeit gibt, deren Geltungsbereich nicht individuell begrenzt ist, die vielmehr das menschliche Seelenleben in einer prinzipiell für alle Menschen gleichen Form beherrscht. Das psychophysische Geschehen zeigt bei allen Menschen die gleichen Erscheinungsformen und die gleichen Gesetzmäßigkeiten, wo immer die gleichen Bedingungen herrschen; freilich sind diese „Bedingungen“ von zusammengesetzter — psychischer und physischer — Natur; und diese Doppelnatur bringt es mit sich, daß ihre einwandfreie experimentelle Herstellung mit sehr viel größeren Schwierigkeiten verknüpft ist,

als das im allgemeinen in unseren naturwissenschaftlichen Versuchsanordnungen der Fall zu sein pflegt.

Es kann nach den Untersuchungen der letzten Jahrzehnte, die sich besonders an die Namen *Alechtsieff, Berger, Brahn, Gent, Lehmann, Mentz, Mosso, Meumann, Störing, Weber, Wundt, Zonoff* u. a. knüpfen, prinzipiell nicht mehr bestritten werden, daß bestimmten Bewußtseinszuständen normaler Weise ganz bestimmte Ausdrucksbewegungen in Puls und Atmung zugeordnet sind, und daß prinzipiell die Möglichkeit, die Natur einer Veränderung des Bewußtseinsinhaltes aus der Natur der auftretenden Veränderungen in der Puls- und Atmungskurve zu bestimmen, durchaus gegeben ist. Aber mit der Einsicht in die prinzipielle Bestimmbarkeit ist uns die Möglichkeit der tatsächlichen Durchführung einer solchen Bestimmung noch keineswegs gegeben; von der einen zur andern ist im Gegenteil grade hier noch ein weiter Weg. Denn hier ist die Stelle, an der uns die Lücken in unserer Kenntnis von den hier geltenden besonderen Gesetzmäßigkeiten störend entgegenreten.

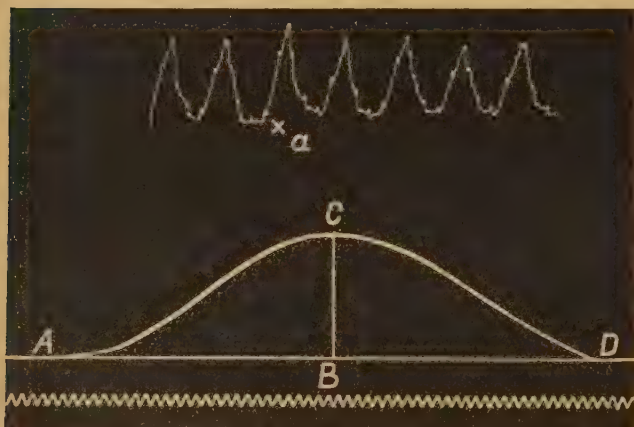


Fig. 1. Obere Zeile: abdominale Atmung, die bei *a* durch einen psychischen Reiz verändert wird.

Untere Zeile: Schematische Zeichnung einer Ein- und Ausatmung; darunter Zeitregistrierung ($\frac{1}{100}$ Sek.).

Wenn ich bei einem in psychischer und körperlicher Ruhe befindlichen, gesunden Menschen Atmungskurven aufnehme, indem ich die Auf- und Abwärtsbewegungen der Brustwand [„thorakale Atmung“] und der Bauchdecken [„abdominale Atmung“] durch einen sogenannten Pneumographen in eine Blechkapsel übertrage, die durch eine Gummimembran luftdicht abgeschlossen ist, die Membran mit einem Zeiger versehe und diesen Zeiger, der die Bewegungen der thorakalen bzw. der abdominalen Atmung mitmacht, seine Bewegungen auf eine berußte rotierende Trommel aufzeichnen lasse, so erhalte ich Kurven, die das Bild einer mehr oder weniger regelmäßig auf- und absteigenden Wellenlinie darbieten. Bei richtiger Einstellung bedeutet [vergl. Fig. 1, untere Zeile] der aufsteigende Ast der Wellenlinie,

der Bogen *AC*, nach Form und Länge die Einatmung [Inspiration], der Bogen *CD* die Ausatmung [Expiration], *CB* bedeutet die Atmungstiefe, *AB* die Zeit der Inspiration [*I*], *BD* die Zeit der Expiration [*E*]. Die Zahl der Atmungszüge in 10 sek. bezeichnet man als Atmungsfrequenz. Lasse ich nun auf die Versuchsperson einen psychischen Reiz einwirken [Fig. 1, obere Zeile, bei *a*], durch den eine Veränderung des Bewußtseinsinhaltes bewirkt wird, so wird die vorher regelmäßige Wellenlinie mehr oder weniger unregelmäßig. Man beurteilt die dabei auftretenden Unregelmäßigkeiten zahlenmäßig nach den Veränderungen, die die Größen *I*, *E*, die Atmungstiefe, die Atmungsfrequenz, das Verhältnis $\frac{J}{E}$ erleiden. Dabei kann man *J* als das Verhältnis der Inspirations- zur Expirationszeit bezeichnen [Störing] oder als das Verhältnis der Inspirations- zur Expirationsgröße [Löwenstein], und dabei als Inspirations- und Expirationsgröße das empirische Integral über den betreffenden Kurvenabschnitten verstehen, dessen numerischen Wert man auf eine der bekannten Weisen ermittelt, z. B. indem man eine mit Millimetereinteilung versehene Glasplatte auf die Kurve auflegt und die Anzahl der innerhalb des auszuwertenden Kurvenabschnittes gelegenen Quadratmillimeter feststellt. Wertet man auf diese Weise die Kurvenveränderungen aus, die man erhält, wenn man im Experiment systematisch bei verschiedenen Versuchspersonen alle möglichen Bewußtseinsinhalte erzeugt, so gelangt man zur Aufdeckung einer Reihe von Regelmäßigkeiten in der psychophysischen Zuordnung. Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die Veränderungen, die ich an den Atmungskurven und an den entsprechend ausgewerteten Pulskurven beobachten konnte. Dabei bedeutet + eine Zunahme, — eine Abnahme, ± erst Zu-, dann Abnahme; Einklammerung eines Zeichens bedeutet große Unsicherheit des verzeichneten Resultates.

Tabelle 1.

	Atemhöhe		I : E		Atemgröße	Atemfrequenz	Pulsfrequenz
	thorakal	abdominal	thorakal	abdominal			
Spannung...	+	+	—	—	+	+	+
Lösung....	+	—	+	+	—	—	—
Lust	—	—	±	+	—	+	±
Unlust	Unentschied.	Unentschied.	Unentschied.	—	—	—	Unentschied.
Beruhigung und Depression..	—	+	+	+	—	(—)	+
Erregung...	—	+	+	+	±	—	+
Erschrecken	+	+	—	+	—	+	+
Furcht	—	+	—	—	—	—	(±)

In prinzipiell gleicher Weise hat man auch Pulskurven von verschiedenen Arterien aus auf-

genommen und ausgewertet. Die Resultate von Untersuchungen, die ich an der Arteria radialis angestellt habe, und die sich auf die Pulsfrequenz bezogen, sind in der vorstehenden Tabelle wiedergegeben. Für die Pulshöhe gibt *Störing* an, daß sie im Gefühlszustande der Spannung, der Lust, der Erregung und meistens auch in dem der Lösung zunehme, im Zustand der Unlust aber abnehme. Daneben sind in ausgedehntem Umfange Untersuchungen über die Beziehungen geistiger Vorgänge zu Veränderungen des Blutdruckes, der Blutgefäßweite und der elektrischen Vorgänge in der Haut (psychogalvanisches Reflexphänomen), gelegentliche Untersuchungen über ihre Beziehungen zur Pupillenweite, zur Drüsensekretion usw. angestellt worden.

Überall ist man zur Erkenntnis bestimmter Regeln gelangt, die die psychophysische Zuordnung beherrschen und in deren Anerkennung die meisten Autoren übereinstimmen, wenn auch das Maß von Wahrscheinlichkeit, das der Geltung der verschiedenen Regeln zukommt, unbestimmt ist und schwankt. Jeder, der körperliche Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge, insbesondere die Schwankungen des Pulses, der Atmung und der Blutverteilung, in größerer Zahl registriert hat, weiß auch, daß den bisher über sie aufgestellten Regeln eine nur mehr oder weniger eng begrenzte Gültigkeit zukommt. Es gibt Fälle, in denen die zu beobachtenden körperlichen Veränderungen starke Abweichungen von der Regel aufweisen, wieder andere, in denen die Angaben der Regel geradezu in ihr Gegenteil verkehrt werden; daneben gibt es aber auch Fälle, in denen die körperlichen Reaktionen ein und derselben Versuchsperson in zahlreichen Versuchen vollständig mit der Regel übereinstimmen, in anderen mehr oder weniger zahlreichen Versuchen aber davon abweichen, ohne daß in den objektiven oder den subjektiven Versuchsbedingungen, in dem Reiz oder in seiner Wirkung auf den Bewußtseinszustand, eine Ursache aufzufinden wäre, die solche Unstimmigkeiten hinreichend erklären könnte. Gewiß zweifeln wir in solchen Fällen nicht daran, daß solche Ursachen vorhanden sein müssen, und daß sie vielleicht oder sogar sehr wahrscheinlich in irgendwelchen nicht zu überschauenden körperlichen Veränderungen zu suchen sind. Aber ebenso gewiß lehren uns auch grade diese Fälle, daß wir die wirklichen Gesetzmäßigkeiten, die im psychophysischen Geschehen obwalten, bisher noch nicht hinreichend erkannt haben. Es scheint insbesondere, als ob die bisher untersuchten Kurveneigenschaften nicht ausreichten, um die verschiedenen Kurvenveränderungen, wie sie sich in Analogie zu den verschiedenen Bewußtseinszuständen und ihren Veränderungen einstellen, eindeutig ihrer spezifischen Zuordnung nach zu charakterisieren.

Sieht man sich die Atmungskurve der Fig. 1 [obere Zeile] an, so findet man, daß sie außer den großen Schwankungen, die von der Atmung

ausgehen, in sich noch feinere Schwankungen enthält, die beim Vergleich mit einer Pulscurve leicht als Pulsschwankungen erkannt werden können. Und während unter der Einwirkung psychischer Reize die Atmungsschwankungen zu- und abnehmen, machen auch die in der Atmungskurve enthaltenen Pulsschwankungen Veränderungen im Sinne der Ab- und Zunahme durch, die durch die Veränderungen der eigentlichen Pulscurve allein nicht erklärt werden können. Man hat diese Veränderungen an den Pulsschwankungen in der Atmungskurve, die als Begleiterscheinungen aller geistigen Vorgänge beobachtet werden können, als sekundäre Ausdrucksbewegungen von denjenigen primären Ausdrucksbewegungen unterschieden, die sich gleichzeitig an der eigentlichen Pulscurve abspielen (*Löwenstein*).

Analoge, als sekundäre Ausdrucksbewegungen zu bezeichnende Veränderungen hinsichtlich der Atmung kann man an der eigentlichen Pulscurve beobachten. An und für sich sind Atmungsschwankungen der Pulscurve unter dem Namen der Traube-Heringschen Wellen ja seit langem bekannt.

Die sekundären Ausdrucksbewegungen brauchen den entsprechenden primären nicht parallel zu gehen. So kann z. B. unter der Einwirkung eines psychischen Reizes die Pulsschwankung in einer Atmungskurve abnehmen, während die Pulshöhe in der primären Pulscurve zunimmt; oder auch umgekehrt, die Pulsschwankung in der Atmungskurve kann zunehmen, während die Pulshöhe in der primären Pulscurve abnimmt. Die gleichen Verhältnisse gelten natürlich hinsichtlich der Atmungsschwankungen in der primären Pulscurve.

Die Erklärung für diese scheinbaren Gegensätze, die zwischen primären und sekundären Ausdrucksbewegungen bestehen, hat man in der Verschiedenheit des Entstehungsmechanismus zu suchen, aus dem beide hervorgehen. Während nämlich die primäre Ausdrucksbewegung als direkte Folge eines vom Zentralnervensystem ausgehenden Impulses anzusehen ist, sind die sekundären Ausdrucksbewegungen lediglich eine Folge der Veränderungen im Spannungszustande der Muskulatur, der je nach seinem Grade eine mehr oder weniger ausgiebige Übertragung der Puls- und Atmungsschwankungen zuläßt. Diese Veränderungen im Spannungszustande selbst sind freilich als primäre Ausdrucksbewegungen anzusehen, die den primären Puls- und Atmungsschwankungen gleichwertig sind, und die in gleichsinnigen zentralen Vorgängen ihre unmittelbare Ursache haben.

Diese von Veränderungen im Spannungszustande der Muskulatur abhängigen Ausdrucksbewegungen können auch unmittelbar nachgewiesen werden. Nimmt man z. B. mit geeigneten Apparaten, etwa mit einem Lehmannschen Pneumographen — oder besser noch mit einem mechanischen Bewegungsanalysator, der gestattet, die

Bewegungen nach den drei Dimensionen getrennt zu analysieren — die Bewegungen des Kopfes und der Extremitäten graphisch auf bei einem sitzenden Menschen in relativer geistiger Ruhe, so erhält man Kurven, die mehr oder weniger ausgesprochen sehr feine, mehr oder weniger gleichförmige Schwingungen in sich enthalten. Diese Bewegungen sind oft so fein, daß sie mit dem bloßen Auge an der Versuchsperson selbst gar nicht wahrgenommen werden können. Mit registrierenden und vergrößernden Apparaten aber gelingt es stets, sie sichtbar zu machen. Neben diesen feinen Schwingungen zeigen die Kopf- und die Extremitätenkurven die größeren

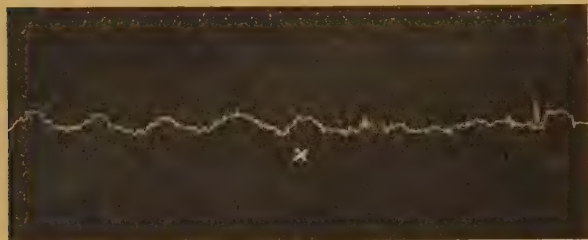


Fig. 2. Bewegungskurve der rechten Hand (pneumographisch). Die großen Schwankungen sind Atmungsschwankungen, die kleinen sind Pulsschwankungen und Eigenschwingungen. Bei X Wirkung eines psychischen Reizes: Die Atmungsschwankungen gehen zurück, während die Pulsschwankungen unverändert bleiben und die Eigenschwingungen zunehmen.

Schwankungen des Pulses und die noch größeren Schwankungen der Atmung (Fig. 2). Läßt man nun auf die Versuchsperson — wie das in Fig. 2 bei X dargestellt ist — einen psychischen Reiz einwirken, so nimmt die Kurve sogleich eine andere Form an: die feinen Eigenschwingungen werden größer oder kleiner, ihre Schwingungszahl nimmt zu oder ab, während die Atmungs- und Pulsschwankungen ebenfalls eine Zu- oder Abnahme ihrer Größe erfahren und zwar in einer Weise, die unter Umständen von den in der primären Atmungs- und Pulskurve zu beobachtenden Veränderungen wesentlich abweicht. Diese Veränderungen in der Haltungskurve von Kopf und Extremitäten sind als die Folge von Veränderun-

gen im Spannungszustande der Muskulatur anzusehen, wie sie stets als Begleiterscheinung psychischer Vorgänge beobachtet werden können. Soweit sie die feinen Eigenschwingungen der Kurve betreffen, sind sie als primäre, soweit sie die Puls- und Atmungsschwankungen betreffen, sind sie als sekundäre Ausdrucksbewegungen im Sinne unserer Unterscheidung zu betrachten.

Bisher galt die Atmung als das empfindlichste Reagens auf psychische Reize. Vergleichende Untersuchungen jedoch, die ich in dieser Hinsicht angestellt habe, haben ergeben, daß die feinen Schwingungen, die die Haltungskurven von Kopf und Extremitäten als Begleiterschei-

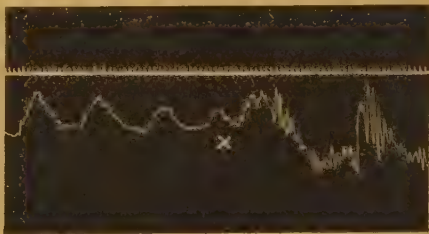


Fig. 3. Bewegungskurve einer Hand. Bei X wird der ruhig dasitzenden Versuchsperson (Hysterikerin) eine Andeutung gemacht, die sich auf eine ihr unangenehme Handlung bezog.

nungen von Bewußtseinsvorgängen durchmachen, nicht nur sehr viel feiner, sondern vor allem auch in einer Weise reagieren, die nach Form und Intensität sehr viel leichter bestimmt und den verschiedenen Bewußtseinsinhalten in spezifischer Weise zugeordnet werden kann. Dabei sind an Kopf und Extremitätenkurven die sekundären Ausdrucksbewegungen im allgemeinen ausgeprägter als die primären, im Gegensatz zu den Puls- und Atmungskurven, an denen das umgekehrte Verhältnis statt hat. Die Veränderungen, die ich in zahlreichen Versuchen im allgemeinen an den Kopf- und Extremitätenkurven auftreten sah, während ich an geeigneten Versuchspersonen die verschiedenen Gefühlszustände suggestiv erzeugte, sind in der nachstehenden Tabelle übersichtlich geordnet wiedergegeben:

Tabelle 2.

	Eigenschwingungen		Atmungs- schwankungen	Puls- schwankun- gen
	Schwingungszahl	Amplitude		
Spannung.....	Abnahme (meistens)	Abnahme	Abnahme	Zunahme
Lösung.....	Zunahme	Zunahme (gedämpfte Schwingung)	Zunahme	—
Lust.....	Abnahme	Abnahme (oft erst Zunahme)	Unverändert oder Abnahme	—
Unlust.....	Zunahme	Abnahme (oft erst Zunahme)	Zunahme	Zunahme
Erregung.....	Zunahme	Zunahme, dann Abnahme	Zunahme	Zunahme
Beruhigung.....	Unbestimmt (häufiger Ab- als Zunahme)	Zunahme, dann Abnahme	—	(Zunahme)
Furcht.....	Zunahme	Zunahme, mit großen Schwankungen	Zunahme	—
Lösung der Furcht	Abnahme	Zu-, dann Abnahme (gedämpfte Schwingung)	Zunahme	—
Erschrecken.....	Zunahme, dann Abnahme	Zunahme (gedämpfte Schwingung)	—	—

Die Angaben der Tabelle sind insofern unvollständig, als viele Bewußtseinszustände mehr eine Veränderung der Bewegungsrichtung als der übrigen Bewegungsgrößen hervorbringen, die vorstehende Tabelle aber die Resultate der dreidimensionalen Analyse nicht enthält.

Ideell würde man von der Anwendbarkeit dieser Regeln fordern können, daß sie uns die Möglichkeit gäben, aus dem graphischen Bilde der hier besprochenen Bewegungszustände einen Schluß zu ziehen auf die zugrunde liegenden psychischen Vorgänge. Aber auch abgesehen davon, daß unsere Kenntnisse von den hier herrschenden Regeln der psychophysischen Zuordnung noch sehr ungenau sind, bleibt es auch prinzipiell ausgeschlossen, daß eine solche Forderung jemals erfüllt werden könnte. Denn man kann natürlich aus der graphischen Analyse allein unter keinen Umständen zu einem Urteil darüber gelangen, inwieweit die zugrunde liegenden Bewegungszustände rein physisch und inwieweit sie rein psychisch bedingt sind, weil ja doch genau die gleichen physischen Veränderungen, wie sie als Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge auftreten, immer auch aus rein körperlichen Ursachen entstehen können. Wir sind daher auch nicht in der Lage, bestimmte Veränderungen, die wir an irgendeiner Stelle der Bewegungskurve beobachten, für sich schon als Ausdrucksbewegung, d. h. als körperliche Begleiterscheinung irgendwelcher psychischer Vorgänge anzusprechen, geschweige denn, aus ihrem Auftreten auf die Existenz bestimmter psychischer Vorgänge zu schließen. Die *autochthon* in einer Psyche auftretenden Bewußtseinsinhalte aus ihren körperlichen Begleiterscheinungen zu bestimmen, ist daher auch prinzipiell unmöglich, weil es eben unmöglich ist, die Gesamtheit aller körperlichen und psychischen Bedingungen zu überschauen, die in einem gegebenen Augenblick obwalten.

Die Anwendungsmöglichkeiten, die die uns bekannten Regeln über die Zuordnung bestimmter Ausdrucksbewegungen zu bestimmten Bewußtseinsinhalten für die Identifizierung geistiger Vorgänge enthalten, liegen im psychophysischen Experiment. Wenn wir kurvenmäßig festgestellt haben, welches das äußere Bild der zu einer gegebenen Zeit wirksamen psychischen und physischen Faktoren war, dann können wir, wenn wir vorsichtig und kritisch vorgehen, unter Umständen auch etwas über die Wirkung aussagen, die ein von uns gesetzter psychischer Reiz in dem Bewußtseinsinhalte einer Versuchsperson hervorgerufen hat. Denn wenn man unter der Einwirkung rein psychischer Reize, etwa Suggestivreize, mit großer Regelmäßigkeit in einer größeren Anzahl von Versuchen bestimmte körperliche Veränderungen immer wieder auftreten sieht, dann kann man annehmen, daß diese Veränderungen Begleiterscheinungen bestimmter Bewußtseinszustände sind, die durch den gesetzten

Reiz erzeugt wurden. Betrachtet man dann die Art der Veränderungen und findet, daß die Veränderungen in einer hinreichend großen Anzahl von Fällen untereinander gleichartig sind, so kann man mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß auch die zugrunde liegenden psychischen Veränderungen untereinander gleichartig sind. Wo man aber in einer sehr großen Anzahl von Fällen beobachten konnte, daß gleichartige psychische Reize zur Entwicklung gleichartiger körperlicher Begleiterscheinungen, verschiedenartige psychische Reize aber zur Entwicklung verschiedenartiger körperlicher Erscheinungen führten, da wird man — wie wir schon sagten — zunächst die formale Bestimmung treffen können, daß der Mannigfaltigkeit der gesetzten Reize und der erzielten körperlichen Erscheinungen eine ebenso große Mannigfaltigkeit geistiger Vorgänge entspricht. Man wird jedoch über diese formale Bestimmung hinaus versuchen können, auf Grund der erkannten Regeln der psychophysischen Zuordnung aus der Natur der körperlichen Erscheinungen inhaltlich auf die Natur der erzeugten Bewußtseinsvorgänge zu schließen. Einem solchen Schluß wird ein umso höheres Maß an Gewißheit zukommen, je mehr der erschlossene Bewußtseinszustand dem gesetzten Reiz adäquat ist, d. h. etwa Lustreize zu Lustzuständen, Unlustreize zu Unlustzuständen, Furchtreize zu Furchtzuständen usw. geführt haben. Aber in allen Fällen, in denen man zu solchen Schlüssen gelangt, muß man sich der Möglichkeit des Irrtums bewußt bleiben. Denn die menschliche Psyche ist nun einmal kein toter Mechanismus, aus ihrer Spontaneität heraus entstehen fortgesetzt Zustände, aus denen leicht eine Quelle für mancherlei Irrtümer werden kann.

Die praktische Brauchbarkeit der in diesen Sätzen enthaltenen Regeln, die die formalen Voraussetzungen für die Möglichkeit der Identifizierung geistiger Vorgänge aus den unbewußten Ausdrucksbewegungen bilden, ist außerordentlich groß, trotz der vielfachen Einschränkungen, die eine kritische und vorsichtige Anwendung fordert. Wir sehen hier ab von den vielfachen Anwendungsmöglichkeiten, die die Psychiatrie von ihnen für die Analyse vieler psychotischer Zustandsbilder machen kann. Wir wollen hier nur kurz über zwei Anwendungsmöglichkeiten berichten, die sich beim *geistig Gesunden* darbieten, und von denen die eine, das sog. *Gedankenlesen*, im Wesentlichen theoretische Bedeutung hat, die andere aber in der *forensischen „Tatbestandsdiagnostik“* auch zu praktischer Bedeutung gelangen kann.

Jeder Vorstellung, die in unserem Bewußtsein enthalten ist, kommt ihr eigener „Bewußtseinswert“ zu, der verschieden ist, je nach dem Grade, in dem eine Vorstellung in einem gegebenen Augenblicke in uns lebendig ist. Dieser Grad ist natürlich zunächst abhängig von der Richtung

der Aufmerksamkeit; aber die Aufmerksamkeit kann wiederum mit verschieden großer Intensität auf zwei verschiedene Vorstellungen gerichtet sein und dadurch den Bewußtseinswert der Vorstellungen modifizieren. Unter denjenigen Faktoren, die mehr oder weniger zwangsläufig den Bewußtseinswert einer Vorstellung bestimmen, spielt die der Vorstellung zukommende Gefühlsbetonung eine ausschlaggebende Rolle. Nun haben wir gesehen, daß die *Qualität* der Gefühlsbetonung die *Qualität* der unbewußten Ausdrucksbewegungen bestimmt; der Bewußtseinswert aber bestimmt ihre relative Intensität — relativ im Verhältnis zur Intensität aller übrigen Ausdrucksbewegungen, in der wir eine dem Individuum eigentümliche und für das Individuum konstante Eigenschaft zu erblicken haben.

In diesen Sätzen sind die allgemeinen, materialen Voraussetzungen für die Möglichkeit der Identifizierung geistiger Vorgänge enthalten, deren spezielle Folgerungen sich in den oben wiedergegebenen Tabellen finden.

Wenn ich einer Versuchsperson die Aufgabe stelle, aus einem gegebenen Kreise von Vorstellungen irgendeine Vorstellung sich besonders einzuprägen, so erlangt diese Vorstellung dadurch einen besonderen Bewußtseinswert, der von demjenigen der anderen Vorstellungen verschieden ist. Diesem besonderen Bewußtseinswert entspricht dann natürlich auch eine besondere Ausdrucksbewegung, deren Typ von dem Typ der mit den anderen Vorstellungen verbundenen Bewegungen mehr oder weniger erheblich abweicht, wodurch es mir möglich wird, die Vorstellung zu bestimmen. Ich stelle z. B. die Aufgabe, sich eine Zahl aus einem umgrenzten Zahlenkreise, z. B. 1—10, zu merken. Ich verfare dann so, daß ich die Zahlen dieses Zahlenkreises nacheinander in stets gleicher Reihenfolge mehrere Male nenne, also 1, 2, 3, 4, 5 usw., während ich die Haltungskurve von Kopf und Extremitäten bei meiner Versuchsperson aufzeichne. War z. B. die Zahl 6 gemerkt, so wird die Haltungskurve vor und hinter dieser Zahl Veränderungen aufweisen, die als Ausdruck der Erwartungsspannung schon vor dem Nennen der Zahl 6, als Ausdruck der Lösung dieser Spannung sofort nachher auftreten. Natürlich kann ich den Zahlenkreis, aus dem ich eine Zahl merken lassen, beliebig vergrößern. Ich verfare dann am besten so, daß ich mich der zu bestimmenden Zahl schrittweise nähere, indem ich zunächst — etwa innerhalb des Zahlenkreises 1—1000 — die Hunderter, dann die Zehner und schließlich die Einer bestimme. An die Stelle von Zahlen kann ich natürlich auch beliebige andere Vorstellungen setzen. Ich könnte z. B., was evtl. praktische Bedeutung erlangen kann, die Identität eines Unbekannten, etwa eines Verbrechers, der seinen Namen nicht angibt, feststellen, nämlich dann, wenn es zu bestimmen gilt, *welchen von mehreren Verbrechern man vor sich hat*. Der eigene Name hat bekanntlich für die

meisten Menschen einen höheren Bewußtseinswert als jeder fremde Name.

Was in diesen Versuchen, die natürlich auf die mannigfachsten Anwendungsgebiete auszudehnen sind, mit wissenschaftlichen Hilfsmitteln erreicht werden kann, übertrifft in vieler Beziehung das, was die sogenannten „Gedankenleser“ im allgemeinen leisten. Auch die Möglichkeit des „Gedankenlesens“ in dem gewöhnlichen Sinne dieses Wortes beruht — wie wir heute wissen — auf der Wahrnehmung feiner Bewegungen, die vom „Gedankenleser“ freilich ohne besondere Hilfsmittel ausgeführt wird. Wo der „Gedankenleser“ das gleiche Ziel erreicht, da ist sein intuitives Verfahren gegenüber unserm wissenschaftlichen durch größere Einfachheit und Schnelligkeit ausgezeichnet; an Exaktheit und Gewißheit der Resultate muß es freilich weit hinter der wissenschaftlichen Analyse, die die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit kennt, zurückbleiben.

Ein weiteres Anwendungsgebiet, von dem wir hier kurz sprechen wollen, ist die sogenannte *psychologische Tatbestandsdiagnostik*. Wohl kein nicht geisteskranker Verbrecher ist so gefühlstumpf, daß für ihn die Tatumstände eines irgendwie wichtigeren Verbrechens nicht eine besondere Gefühlsbetonung hätten — wäre diese Gefühlsbetonung im extremen Falle auch nur die Folge seines Wunsches, sich der Bestrafung zu entziehen. Nun weiß man seit langem, daß gefühlsbetonte Vorstellungen im Assoziationsexperiment gegenüber den nicht gefühlsbetonten Vorstellungen eine Verlängerung der Assoziationszeiten aufweisen. Man hat daher bei Verbrechern die durchschnittlichen Assoziationszeiten festgestellt, und hat sie mit den Assoziationszeiten für solche Vorstellungen verglichen, die sich aus den mutmaßlichen Tatumständen ergaben. Dabei wählte man solche Tatumstände, die nur dem Täter bekannt sein konnten. Ergab sich hierbei eine durchgängige hochgradige Verlängerung der Assoziationszeiten, so konnte man — wenn man gewisse Vorsichtsmaßregeln beobachtete, — auf eine gegenüber anderen Vorstellungen gesteigerte Gefühlsbetonung der geprüften Vorstellungen und daraus wiederum mit einiger Wahrscheinlichkeit auf den Täter schließen. Aus unseren obigen Ausführungen wird verständlich, daß wir in der „Methode der unbewußten Ausdrucksbewegungen“, wie ich sie genannt habe, eine leicht und zuverlässig zu handhabende Methode für die Feststellung einer solchen Gefühlsbetonung vor uns haben, vorausgesetzt natürlich, daß bei ihrer Anwendung die besprochenen Fehlerquellen berücksichtigt werden.

Von besonderem Wert aber wird die Methode bei solchen Verbrechern, die angeben, an das Verbrechen keine Erinnerung mehr zu haben — etwa, weil sie ihre Straftat in einem Zustand von krankhafter Störung der Geistestätigkeit begangen haben — und bei denen es sich darum

handelt, den Bewußtseinszustand zur Zeit der Tat im Hinblick auf das Verbrechen zu ermitteln; wie überhaupt die Analyse von Bewußtseinszuständen bei wirklicher oder simulierter Geisteskrankheit, sowie die Analyse der Auffassungs- und Erinnerungsstörungen bei den sogenannten psychischen Grenzzuständen ihr eigentliches Anwendungsgebiet ist.

Die Heißdampflokomotive.

Von Ludw. Schneider, München.

Die alte Naßdampfmaschine arbeitete mit einem schlechten thermodynamischen Wirkungsgrad. Die Einführung der Überhitzung des Dampfes brachte eine merkliche Verbesserung mit sich. Zum geringeren Teile rührt sie daher, daß die Anfangstemperatur der Wärme eine höhere ist und damit der theoretische Wirkungsgrad des Clausius-Rankineschen Prozesses sich erhöht. Der Wärmeinhalt des Heißdampfes pro Gewichtseinheit ist nur unbedeutend größer als jener des Sattdampfes, bei 16 at. Überdruck und 300° C Dampf-

Lokomotive gebaut. Mittlerweile hat diese Überhitzerbauart die weiteste Verbreitung von allen Systemen erfahren, so daß heute bereits mehr als 60 000 Lokomotiven damit versehen sind. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Schmidtsche Rauchrohrüberhitzer grundsätzlich und von Anfang an den Bedürfnissen des Lokomotivbetriebes am besten entsprach, und daß eine eigene Studiengesellschaft in Cassel unablässig an seiner Verbesserung und Vervollkommnung arbeitet. Wenn wir also im folgenden von den Heißdampflokomotiven sprechen, so genügt es vollständig, nur die Bauart von *Wilhelm Schmidt*, die auch in Deutschland fast ausnahmslos Verwendung findet, zu betrachten.

Der Lokomotivkessel, Fig. 1, ist bekanntlich ein Walzenkessel, der in seinem Inneren Rohre enthält, durch welche die Verbrennungsgase von der Feuerbüchse in die Rauchkammer ziehen, wobei sie den größten Teil ihrer Wärme an das die Röhren umgebende Wasser abgeben. Am Grunde der Feuerbüchse befindet sich der Rost, auf dem die Verbrennung stattfindet. Aus der Rauchkammer entweichen die Verbrennungsgase durch



Fig. 1. Kessel einer Schnellzuglokomotive. J. A. Maffei, München.

temperatur z. B. 727 Cal./kg gegen 672 Cal. Die Hauptvorteile des Heißdampfes liegen auf praktischem Gebiet. Er leitet die Wärme viel schlechter als Naßdampf und ist daher für die abkühlende Wirkung der Innenflächen des Dampfzylinders viel weniger empfindlich als jener. Aus der starken Verminderung dieser schädlichen Wandwirkung ergeben sich außer einer erheblichen Verringerung des Wärmeverbrauchs für die Leistungseinheit auch wesentliche Vereinfachungen der Bauart der Dampfmaschinen, so der Wegfall der Mantel- und Deckelheizung, die Abkehr von der drei- und vierfachen Expansion und noch einiges mehr. Die Heißdampfmaschine für ortsfeste Betriebe hat deshalb seit rund 30 Jahren ein weites Feld erobert.

Wenn es auch nicht an früheren Versuchen fehlt, die Dampfüberhitzung in den Lokomotivbetrieb einzuführen, so beginnt doch das eigentliche Dasein der Heißdampflokomotive erst im Jahre 1903. Damals wurde von der Lokomotivfabrik Krauß & Co. in München die erste mit Schmidtschem Rauchrohrüberhitzer ausgerüstete

den oben aufgesetzten Schornstein. Der im Kessel gebildete Dampf von 12 bis 16 at. Überdruck sammelt sich im oberen Teil des Langkessels und im Dom an. Er ist zunächst gesättigt und enthält je nach der Anstrengung des Kessels noch 2 bis 5 % Wasser. Beim gewöhnlichen Heißdampfkessel sind die oberen 3 bis 4 Reihen Rohre die *Rauchrohre*, 100 bis 129 mm weit, die unteren *Siederrohre*, 39 bis 51 mm. Die *Siederrohre* dienen nur zur Erhitzung des Wassers. Der Naßdampf gelangt vom Dom durch ein Rohr und eine Dampfsammelkammer in ein System von nahtlos gewalzten schmiedeeisernen Rohren von etwa 33 mm lichter Weite, die ins Innere der Rauchrohre verlegt sind (Fig. 2). In den *Rauchrohren* geben die Heizgase, die in der Feuerbüchse 1100 bis 1300° C Temperatur haben, ihre Wärme einerseits an das *Kesselwasser* ab, andererseits an den *Dampf*, trocknen und überhitzen diesen bei konstantem Druck auf etwa 320 bis 380° C. Beim Eintritt in die Rauchkammer messen die Heizgase noch 350 bis 450° C. Der überhitzte Dampf wird in einer zweiten Kammer gesammelt und ge-

langt durch die Einströmröhre in die Dampfzylinder noch mit einer Temperatur von 300 bis 350° C. Mit den niedrigeren Überhitzungsgraden von 220 bis 300° C ist im Lokomotivbetriebe nicht viel gedient, weil die Beseitigung der Dampfkondensation an den Wänden und Deckeln der Dampfzylinder erst bei höheren Wärmegraden gelingt. Darin liegt aber, wie erwähnt, der Hauptvorteil der Anwendung von Heißdampf. Ein weiterer Vorteil des dünneren Heißdampfes gegenüber dem dichteren Naßdampf ist, daß bei gleichen Querschnitten seine Druckverluste in den Zuleitungen und Steuerungskanälen geringere sind. Dies alles bedingt bei Zwillingslokomotiven bis zu 30 %, bei

selbst befördern muß, so kommt die wirtschaftlich schon sehr begrüßenswerte Einsparung an Kohle und Wasser auch noch einer Erhöhung der nützlichen Zuglast gleich. Man kann entweder den Tender kleiner wählen oder unter Beibehaltung der Tendergröße erheblich längere Strecken ohne Wassereinnahme durchfahren, was besonders für Tenderlokomotiven, d. s. Lokomotiven, die das Wasser in Kästen neben und unter dem Langkessel mitführen, für den Schnellzugsbetrieb und den Ferngüterdienst von Wichtigkeit ist. Was bei den Tenderlokomotiven weniger an Vorräten mitzuführen ist, kommt bei gleichem Gewicht der Erhöhung der Leistung der Lokomotive zugute.

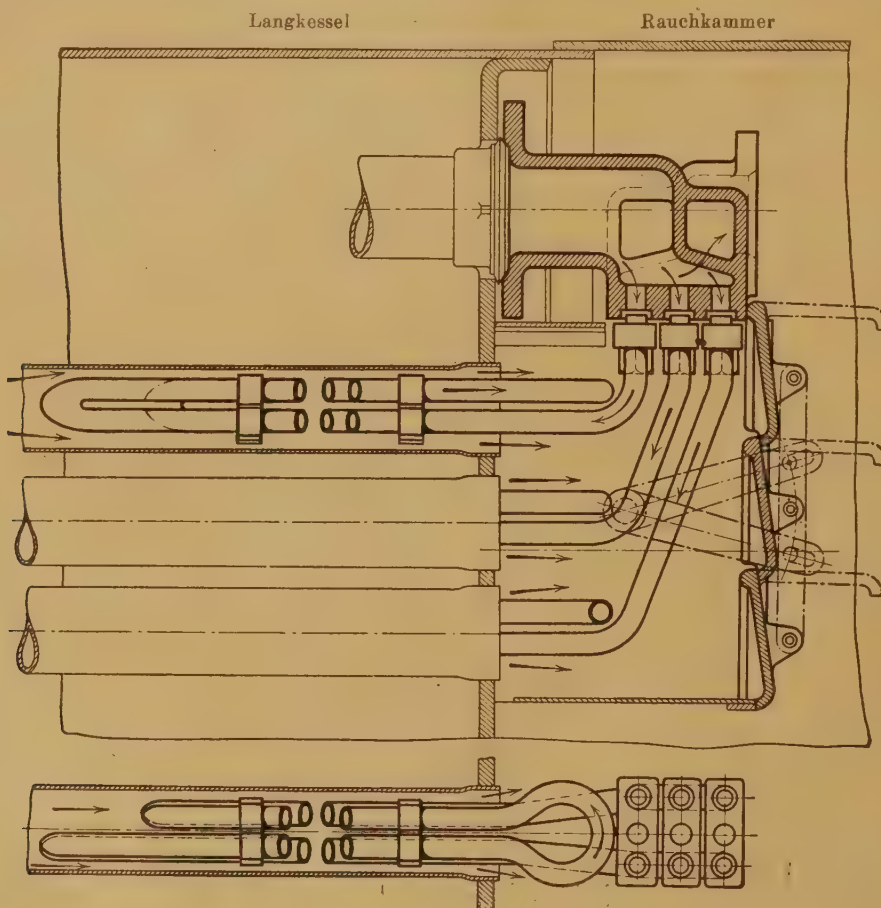


Fig. 2. Großrohrüberhitzer. Pat. Wilhelm Schmidt.

Verbundlokomotiven bis zu 26 % Dampfersparnis im Vergleich mit Naßdampflokomotiven gleicher Bauart, Größe und Leistung und voller Fahrt.

Die Kohlenersparnis ist um etwa $\frac{1}{3}$ geringer als die Dampf- oder Wasserersparnis, da ein Teil der auf dem Rost erzeugten Wärme zur Überhitzung des Naßdampfes verwendet wird. Sie beträgt unter obigen Voraussetzungen:

bei Zwillingslokomotiven . . . 20 bis 26 %
bei Verbundlokomotiven . . . 12 bis 18 %.

Da die Lokomotive das zur Verdampfung kommende Wasser und den Brennstoff im Tender

Im Schnellzug- und Ferngüterzugdienst macht sich die Verringerung der Aufenthalte zum Wasser- und Kohlenfassen angenehm bemerkbar.

Bekanntlich ist der Größenentwicklung der Lokomotiven durch die Höhe des zulässigen Raddruckes von 7 bis 9 t, die enge Spurweite von 1435 mm und das vorgeschriebene lichte Umgrenzungsprofil eine Grenze gesetzt. Damit erführe naturgemäß auch die Leistung eine Schranke, gelänge es nicht immer wieder neuerdings, das zulässige Gewicht und den gegebenen Raum besser auszunutzen. Die Einführung des Heißdampfes

in den Lokomotivbetrieb ist eine solche Errungenschaft. Wenn wir heute Schnellzüge von 525 t Nutzlast in der Ebene mit dauernd 100 km/St. Geschwindigkeit befördern können, so danken wir dies der modernen Heißdampflokomotive. Hierbei leistet die Maschine über 2000 indizierte Pferdestärken.

Aber auch für Personenzüge, Güterzüge, ja sogar im Verschiebedienst hat sich die Heißdampflokomotive ein weites Feld erobert, so daß auch hier die Naßdampflokomotive eine veraltete Seltenheit darstellt.

Für Lokomotiven, die oft anhalten müssen (Personenzüge, Lokalgüterzüge, Verschiebedienst) wird seit nicht langer Zeit eine Weiterbildung des gewöhnlichen Schmidtschen Rauchrohrüberhitzers, der Kleinrohrüberhitzer oder Überhitzer

verwendet wird, sind mancherlei Art. Zunächst ist es für die Herstellung und das Dichthalten des Kessels von Vorteil, daß nur Siederohre einer Größe Verwendung finden. Dadurch wird auch eine größere Lebensdauer der Rohrwände erzielt. In den engen Siederohren kühlen sich infolge des günstigeren Verhältnisses von Rohrumfang zu Rohrinhalt die Gase mehr ab, bevor sie an die Enden der Überhitzerrohre gelangen, als in den weiten Rauchrohren. Dadurch wird die Lebensdauer des Überhitzers verlängert, da erfahrungsgemäß die Rohre an den Umkehrenden leicht verbrennen. Gleichwohl ist eine hohe Überhitzung erzielbar, weil nahezu alle Heizgase benutzt werden. Eine große Überhitzerheizfläche kann bequem untergebracht werden. Infolgedessen sinkt auch beim Stillstand der Lokomotive die Überhitzung nicht so tief wie beim gewöhnlichen

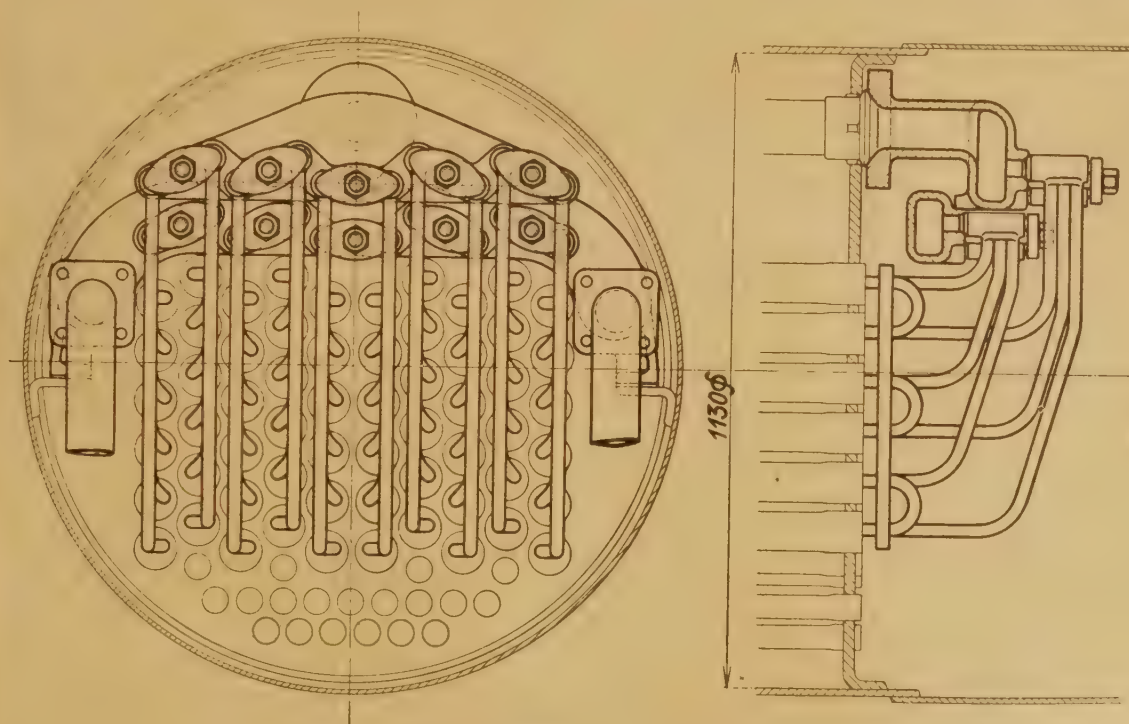


Fig. 3. Kleinrohrüberhitzer. Pat. Wilhelm Schmidt.

für volle Besetzung, in steigendem Maße verwendet. Der Name rührt daher, daß die Überhitzerrohre nicht mehr in eigenen großen Rauchrohren stecken, sondern in lauter kleinen Siederohren, deren lichter Durchmesser allerdings von 39—51 auf 54—70 mm vergrößert ist. Alle oder doch weitaus der größte Teil dieser Siederohre sind mit einmal umkehrenden Überhitzerröhren von 18 bis 24 mm äußerem Durchmesser besetzt.

Fig. 3 zeigt die Anordnung eines Schmidtschen Kleinrohrüberhitzers an der Rauchkammerrohrwand des Langkessels. Die Vorteile dieses Überhitzers, der, trotzdem er erst wenige Jahre alt ist, bei weit über 100 Bahnverwaltungen

Überhitzer und steigt zudem sehr rasch wieder in die Höhe, ein Vorteil, der, auch bei kurzen Stationsentfernungen, wie sie im Verschieb- und Vorortdienst und bei Kleinbahnen vorkommen, den Überhitzer voll auszunutzen gestattet. In ein und demselben Kessel läßt sich gegenüber dem Großrohrüberhitzer eine um rd. 60 % größere Kleinrohrüberhitzerfläche unterbringen.

Die Heizflächen werden nach europäischer Gepflogenheit immer auf der Seite gemessen, wo sich das Medium mit der geringeren Wärmeleitfähigkeit befindet, also hier auf der Feuerseite. Einige Zahlen mögen noch die üblichen Größen der Heizflächen erläutern:

	Naß- dampf- heizfl. qm	Über- hitzer- heizfl. qm	Über- hitzerart
2C1 ¹⁾ Schnellzuglok. IVh der bad. St.-B.	224,8	77,6	Großrohr
1E Einheitsgüterlok. der Reichs-E.-B.	194,9	68,4	"
1D Güterzuglok. G4/5 der bayr. St.-B.	178,9	61,7	"
C Gemischtzuglok. der belg. St.-B.	96,4	21,5	"
dieselbe Lokomotive	104,6	55,9	Kleinrohr
D Verschiebelok. E4/4 der Schweiz. B.-B.	83,2	39,5	"
B Lok. der Westlandschen Dampftrambahn	24,8	14,3	"

Besprechungen.

Köhler, W., *Die physischen Gestalten in Ruhe und in stationärem Zustand*. Eine naturphilosophische Untersuchung. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1920. XX, 263 S. und 5 Abb. Preis M. 26,—.

Unser wissenschaftliches, zumal unser naturwissenschaftliches Denken hat sich nach einer ganz bestimmten Richtung hin entwickelt und glaubt, nicht ganz zu Unrecht, dieser Entwicklung seine größten Triumphe zu verdanken. Man bemüht sich, alle Probleme, die auftauchen, so zu lösen, daß man die Gegenstände in letzte Teile, die man zu verstehen und zu beherrschen glaubt, zerlegt und aus diesen durch Zerlegung gewonnenen Teilen das ursprüngliche Ganze wieder zusammensetzt. Typisch für diese Methode ist z. B. die Definition des bestimmten Integrals, im einfachsten Fall die Quadratur einer Kurve; man zerlegt die Gesamtfläche in Teile und macht diese Teile so klein, daß sie sich von Rechtecken beliebig wenig unterscheiden. Das Rechteck ist ein Element, das man beherrscht, und nun setzt man die ursprüngliche Fläche durch Summierung aller der durch Zerlegung entstandenen Elemente wieder zusammen. Auch in der Physik spielt dies Verfahren eine „geradezu beherrschende Rolle“. Wir können die Masse eines Körpers nicht nur in beliebig kleine Beträge zerlegt denken, sondern sie auch bis zu einer gewissen Grenze wirklich in solche zerlegen und umgekehrt aus solchen zusammensetzen. Bei solchen Verfahren bleiben die Teile, die man trennt und die man noch vereinigt läßt, für sich betrachtet unverändert, der Gesamtbetrag ist die Summe der Einzelbeträge, der Restbetrag ihre arithmetische Differenz. Ganz natürlich ist es uns, daß dies Prinzip der reinen *Summierung* im täglichen Leben gilt. Wenn ich einen Stuhl von einem Tisch wegrücke, so ändert sich dabei weder der Stuhl noch der Tisch. Mit unseren Gebrauchsgegenständen können

wir einzeln hantieren, ohne sie dabei irgendwie zu verändern. Diese Denkrichtung paßt also in weitem Umfange zum Verhalten der Dinge, dieser Zusammenhang muß daher auf unsere Kategorien die nachdrücklichste Wirkung ausgeübt haben, es steht zu erwarten, daß wir überall mit diesem Denkprinzip werden arbeiten wollen oder zu arbeiten glauben, das sich in so trivialen Fällen als selbstverständlich erweist.

Es ist daher kein Wunder, daß man dies Prinzip auch in der Psychologie als Grundmaxime angewandt hat. Man versuchte, das phänomenale Gegebene, den gesamten Erlebnisinhalt, zu analysieren, in Teile zu zerlegen, dabei bis zu letzten Elementen vorzudringen und dann wieder das Ganze aus solchen Elementen zusammenzusetzen. In der Lehre von der Wahrnehmung heißt das: ein Wahrnehmungsinhalt, dessen Reizkonfiguration aus einzelnen Teilen besteht oder sich in solche zerlegen läßt, gilt als zusammengesetzt aus der Summe der jedem Teilreiz unabhängig von jedem anderen streng zugeordneten Empfindungen. Gerade der experimentellen Psychologie, die ihren Stolz darein setzte, mit naturwissenschaftlichen Methoden zu arbeiten, schien dies Verfahren nur die Erfüllung eines wissenschaftlichen Postulats.

Das Prinzip der reinen Summierung enthält in sich eine weitere Voraussetzung, die philosophisch von der größten Wichtigkeit ist: es ist nämlich ein Merkmal der reinen Summen und summativen Gruppierungen, daß es *beliebig*, dem Bedarf im Einzelfall anheimgestellt ist, „welche Teile als Summen zusammengefaßt und welche Verteilungen als ihre Gruppierungen gewählt werden“. (S. 44.)

In der Psychologie und in der Biologie ist man schon längst bei der Anwendung des reinen Summenprinzips auf Schwierigkeiten gestoßen. In der Psychologie ist das Problem akut geworden, seit Chr. v. Ehrenfels im Jahre 1890 den Begriff der Gestaltqualität eingeführt hat. Ehrenfels weist auf phänomenale Gegebenheiten hin, *Gestaltqualitäten*, die *mehr* sind als* die Summe ihrer Teile. Eine Melodie ist mehr als die Summe ihrer Töne, denn verteile ich die n Töne, aus denen sie besteht, auf n Individuen, so ist die Summe der n Tonerlebnisse weniger als das Melodieerlebnis eines Individuums. Und weiter: ich kann alle Teile nach bestimmten Gesetzen verändern, die Melodie bleibt doch erhalten, sie ist nur *transponiert*. Wir wollen diese beiden Argumente mit Köhler als die zwei Ehrenfelskriterien für die Existenz von *Gestalten* bezeichnen.

Damit schien das Prinzip der naturwissenschaftlichen Forschung verlassen. Die Stellungnahme der Forscher war eine doppelte: die einen erkannten die Realität dieser Gebilde an und folgerten daraus das Wirken nichtnaturhafter Seelenkräfte, die aus den gegebenen Empfindungen die neuen Gebilde schaffen, die andern, die die Existenz solcher Kräfte nicht zugeben wollen, versuchten mit diesen selbst auch die Existenz der Gestaltqualitäten in Zweifel zu ziehen. Genau das Gleiche zeigt sich in der Biologie: „Fragt man, welche Lebenserscheinungen die Vitalisten veranlassen, sich für diese [sc. vitalistische] Ansicht zu entscheiden, so erweist sich als das Motiv vieler eine Art „Geschlossenheit“ des Organismus und seines Verhaltens.“ (S. XIII.)

Das Problem, wie es durch v. Ehrenfels eingeführt war, bedeutete einen Fortschritt. Aber sein Gestaltbegriff unterschied sich in einem wesentlichen Punkte nicht von den Begriffen, die dem Summenprinzip entstammen. Die Gestaltqualität setzt die Empfindungen

¹⁾ Diese Bezeichnung gibt die Achsanordnung der Lokomotive von vorne nach hinten an. Es bedeutet 1, 2, 3 die Anzahl der (nicht gekuppelten) Laufachsen, A, B, C, D usw. die Zahl der gekuppelten Achsen, und zwar A=1, B=2, C=3, D=4 usw. Eine 2C1-Lokomotive hat also zwei vordere Laufachsen, drei gekuppelte Achsen und eine hintere Laufachse, eine D-Lokomotive nur vier gekuppelte Achsen ohne Laufachsen.

voraus, sie kommt zu ihnen hinzu. Dadurch ist es, genau wie früher, subjektiv beliebig, welche Teile zusammengefaßt zu einer Gestaltqualität führen und was für Gestaltqualitäten entstehen.

Auf eine neue Basis wurde das Problem durch Wertheimer gestellt. Wertheimer führte 1912 in knappster Form einen Gestaltbegriff ein, der mit diesen beiden Voraussetzungen aufräumte. Real ist für ihn primär das Gestaltgebilde mit seinen Ganzeigenschaften, das nicht in beliebiger Weise aus oder auf einzelnen Empfindungen aufgebaut ist, sondern sich in gesetzmäßiger Weise gliedert. Wertheimer tat noch einen weiteren Schritt: die Psychologie der Wahrnehmung hat von je in engstem Zusammenhang mit der Physiologie der Sinnes- und Hirnvorgänge gestanden. Summierungsprinzip hier entspricht dem Summierungsprinzip dort. Wie man die Wahrnehmung selbst aus Empfindungen und evtl. durch Assoziation hinzutretenden, Vorstellungen zusammensetzt, so denkt man sich die physiologischen Prozesse als Summe von Einzelerregungen zahlreicher Zellen. Wertheimer zog nun sofort den Schluß: die physiologischen Prozesse, die den Gestaltphänomenen zugrunde liegen, müssen gerade am Gestaltcharakter dieser Phänomene teilhaben, es muß also auch im physischen, zum mindesten im physiologischen Geschehen im Gehirn, Gestalten geben, das Summierungsprinzip muß hier durchbrochen werden.

Damit war scheinbar wieder der Zusammenhang mit der exakten Naturwissenschaft zerstört, wenn wirklich das Prinzip der reinen Summierung in der Naturwissenschaft allein herrschend wäre. Das Köhlersche Buch führt nun für das Gebiet der von der Zeit unabhängigen physikalischen Zustände und Vorgänge den Nachweis, daß diese Voraussetzung falsch ist. Auch in der Physik ist der Gestaltbegriff, im Sinne Wertheimers, von wesentlicher Bedeutung, es gibt „physikalische Gesamtzustände oder Gesamtgebilde, die nicht als die Summe, nicht als bloße ‚Unverbindungen‘ elementarer Einzelzustände und Einzelgebilde gelten können“. (S. 42.) Der Physiker arbeitet dauernd mit Gestalten, ohne sich dessen explizit bewußt zu sein. Es handelt sich also nicht darum, neue Tatsachen zu entdecken, sondern nur darum, die Gestalten in der Physik sehen zu lernen. (S. XV.) Köhler erörtert eine große Reihe von Einzel Tatsachen aus der Physik, er behandelt die wichtigsten experimentellen und theoretischen Methoden, nicht ihres, an sich geläufigen, physikalischen Inhalts wegen, sondern um nachzuweisen, daß die neue Betrachtungsart wirklich berechtigt ist.

Hier sei nur ein Beispiel andeutungsweise behandelt, das Verhalten der Ladung auf einem Leiter/ auf einem isolierten Leiter mit fest bestimmten Eigenschaften und in konstant gehaltener Umgebung trifft man stets eine bestimmte sich gleich bleibende, d. h. ruhende Verteilung der Ladung an oder einen äußerst kurz dauernden Verschiebungsvorgang, der eben auf jene Ruheverteilung hinführt. Diese wird *Eigenstruktur*, ihr mathematischer Ausdruck wie üblich *Eigenfunktion* genannt. Die *Eigenstruktur* ist nicht summativ aus lokalen Ladungsbeträgen realiter zusammensetzen und ebensowenig um lokale Ladungsbeträge zu vermindern, sie ist also, im Gegensatz zum Ladungsbetrag, nur als Ganzes physisch existenzfähig. Die lokalen Beträge haben nur Bestand, solange sie „einander im Ganzen tragen“, sie sind nicht Teile im Sinne des Summierungsprinzips. Man hat die „Form“ des Leiters, allgemeiner die gesamte physische Topographie als Komplex der unveränderlichen Bedingungen, von

denen die Eigenstruktur abhängt, von dieser selbst scharf zu scheiden und kann dann im Hinblick auf spätere zumal psychophysische Anwendungen den Tatbestand in einer dem Physiker selbstverständlichen Weise so formulieren, daß man sagt: die Struktur an jeder Stelle ist von der Form des Leiters an jeder anderen Stelle mitbestimmt. Diese Abhängigkeit jedes „Teils“ von jedem andern kann sehr verschiedene Grade haben. Neben dem Fall sehr starker ist der Fall extrem schwacher Abhängigkeit von besonderem Interesse. Zwei weit voneinander entfernte und nur durch einen dünnen Draht verbundene Leiter sind ein typisches Beispiel für diesen Fall. Sie sind zwar zu einem Ganzen verbunden, und die Gesamtladungsbeträge sind noch durch das Ganze bestimmt, aber auf den einzelnen kompakten Formen befinden sich die Ladungen in deren spezifischer Eigenstruktur. Solche Gestalten nennt K. schwache, im Gegensatz zu den starken, in denen durchgängige Formabhängigkeit besteht, und durch diese Unterscheidung ist die psychologische und psychophysiologische Theoriebildung von einer ersten Schwierigkeit befreit.

Solche Gebilde, die sich im ganzen Gebiet der Physik in überreicher Zahl aufzeigen lassen, erfüllen die beiden obengenannten Ehrenfeldskriterien, denn sie sind auch *transponierbar*: die Eigenstruktur ist unabhängig vom Gesamtbetrag der Ladung wie vom absoluten Maßstab der bedingenden Topographie. Damit ist die Verbindung mit der Psychologie hergestellt, die Berechtigung, auch in der Physik von Gestalten zu reden, dargetan.

Was wir hier angedeutet haben, ist im Buch bis in alle Einzelheiten auch der mathematischen Behandlung durchgeführt. Es erhebt sich schließlich die Frage, ob die zeitunabhängigen Gestalten, die ja ausgezeichnete Gebilde sind und, wie dem Physiker bekannt, eine Minimumbedingung für die Strukturenergie erfüllen, nicht auch formal auszeichnende Eigenschaften besitzen. Köhler stellt fest, daß sich mit dem Übergang zur Ruhe zum stationären Zustand in der Tat eine möglichste „Knappheit“ oder „Einfachheit“ der Ausbildungsart auszubilden pflegt, die freilich bisher nur in Extremfällen als „Symmetrie“ näher zu definieren ist. Ein Gesetz zur einfachen oder prägnanten Gestaltung hatte aber Wertheimer schon an den phänomenalen Gestalten gefunden.

Es zeigt sich also: nicht nur ist der Einwand unbegründet, durch Einführung des Gestaltbegriffs sei die Psychologie vom Wege der naturwissenschaftlichen Forschung abgekommen, sondern es ergibt sich eine wunderbare Vereinigung der zwei Gebiete menschlichen Forschens. Was an den Gegenständen der Psychologie als wesentlich aufgefallen war, das läßt sich an den Gegenständen der Physik wiederfinden, und umgekehrt wird jetzt unser Auge durch die physikalische Betrachtungsweise geschärft gegenüber der psychologischen Hypothesenbildung. Wenn wir jetzt der phänomenalen Welt einen physiologischen Unterbau geben wollen, so müssen wir das Wertheimersche Prinzip verwenden und die Gestalteigenschaften der physiologischen Vorgänge berücksichtigen, denn das Zentralnervensystem muß als ein *physikalisches System* gelten, nicht als eine Vielzahl nebeneinander bestehender, gegeneinander völlig isolierter, also praktisch voneinander unabhängiger Einzelsysteme. Das physiologische Geschehen hat Gestalteigenschaften, diese Aussage hat nach der physikalischen Untersuchung einen ganz konkreten Sinn, ist kein bloßes Spiel mit Namen. Was wir früher dargelegt haben, ist alles zu übertragen,

vor allem: die nicht-summative („übergeometrisch-dynamische“) Geschehensgliederung ist genau so eine physisch reale Eigenschaft des physikalischen Feldes, in dem sich die Prozesse abspielen, wie im Nervensystem etwa die psychophysischen Farbreaktionen an irgendeinem Ort des Feldes (S. 189/90). Die Gestalt als physiologischer Vorgang, mithin auch dessen phänomenales Korrelat, tritt zur bedingenden Topographie des Zentralnervensystems genau so, wie die Ladungsstruktur zur physischen Form des Leiters. Die Bedingungen sind im Fall der Psychologie oft ungeheuer verwickelt, zu ihnen gehört der Gesamtzustand des Nervensystems, psychologisch gesprochen z. B. die „Einstellung“ des Individuums, irgendwelche „aktive Verhaltensweisen“, aber im Gegensatz zu früheren Formen der Gestaltpsychologie hebt Köhler hervor: „Eine besondere Aktivität des Sehenden ist zum Entstehen von Gestalten nicht erforderlich. Der Anlaß, einen intellektuellen Vorgang als *conditio sine qua non* der gestalteten Wahrnehmung vorauszusetzen, fällt nach dem Ergebnis der physikalischen Voruntersuchung fort.“ (S. 201 A.)

Damit ist auch ein zweiter Hauptpunkt der Wertheimerschen Gestalttheorie für physisches wie für phänomenales Geschehen erhalten: *weder physische Strukturen, noch phänomenale Gestalten bzw. deren physiologische Korrelate sind beliebige Gebilde*, wir kennen jetzt eine sie beherrschende Bedingung, die sich unter Umständen als Energieminimum oder als das Gesetz der Prägnanz aussprechen läßt. Der innere Zusammenhang, die Übereinstimmung in den wichtigsten Eigenschaften zwischen Phänomenen und den entsprechenden physiologischen Vorgängen eröffnet einen weiteren Ausblick. Nach der üblichen Ansicht sind Psychisches und Physisches gänzlich heterogen und lediglich zwangsläufig verkoppelt, wir würden ebenso gut wie den tatsächlichen einen andern Zusammenhang hinnehmen. Dem kann K. jetzt den Satz entgegenstellen: „Aktuelles Bewußtsein ist in jedem Falle zu gehörigem psychophysischen Geschehen den (phänomenal und physisch) realen Struktureigenschaften nach verwandt, nicht sachlich sinnlos, nur zwangsläufig daran gebunden.“ (S. 193.)

Aber auch auf psychophysischem Gebiet geht K. auf konkrete Probleme ein. Er kann z. B. mit seinen Prinzipien das Webersche Gesetz aus der Theorie der galvanischen Ketten von *Nernst* als Strukturgesetz ableiten, während es bisher meist als Empfindungsgesetz aufgefaßt wurde¹⁾, und er kann aus seinen Annahmen die Unterschiedsschwelle für die Farben der Schwarzweißreihe der Größenordnung nach in physikalischem Maß berechnen.

Genug von Einzelheiten. Meine Absicht ist, auf das Buch selbst hinzuweisen, auf seine Lektüre vorzubereiten. Was in ihm geleistet ist, wird nicht erschöpft durch den konkreten Fortschritt, den es etwa der Psychologie bringt. Am Anfang dieses Referats sprachen wir von einer festeingewurzelten Richtung unseres Denkens. K. hat uns gezeigt, daß an entscheidenden Stellen dies Denken versagt, daß die fortgeschrittensten Wissenschaften, Physik und Mathematik, nicht auf dies Denken beschränkt sind, sondern ganz andere und weiterreichende Denkmethoden haben, und daß deren Anwendung auch in der Psychologie und Physiologie berechtigt und notwendig ist. Damit ist ein Ergebnis sehr allgemeiner Tragweite gewonnen. Was es für die Einzelwissenschaften und, das sei nach-

drücklich betont, auch für die Philosophie bedeutet, das wird die Forschungsarbeit der Zukunft zeigen. Für die Biologen, denen das Gestaltprinzip sehr viel wird geben können, sei noch dieser Gedanke hervorgehoben: Die Alternative Mechanismus—Vitalismus ist aufzugeben; denn es ist falsch, „daß ein ausgedehntes Geschehen von deutlicher und straffer Raumordnung entweder durch einen zugrunde liegenden Mechanismus erklärt werden müsse oder aber auf rein physische Weise überhaupt nicht zu begreifen sei.“ (S. 180.)

K. Koffka, Gießen.

Exner, Franz, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. Wien, Franz Deuticke, 1919. XIV, 714 S. Preis M. 28,—.

Dieses umfangreiche Buch ist aus Vorlesungen hervorgegangen, die *Exner* in Wien vor Studenten der Naturwissenschaften gehalten hat; es ist als eine gemeinverständliche Darstellung der Physik, geschrieben für Nichtphysiker, zu betrachten. Es darf deshalb im Leserkreis der „Naturwissenschaften“ auf besonderes Interesse rechnen. Und da die Darstellung auch vom Standpunkt des Physikers durchweg korrekt erscheint, so darf das Buch auch von dieser Seite empfohlen werden. Leider ist der Umfang zu groß geworden; wer die Physik nicht im Hauptfach studiert, wird kaum Zeit zum Studium einer derartig ausführlichen Behandlung des Stoffes finden, wie sie *Exner* gibt. Auch ist der übergroße Umfang nicht allein durch zu große Reichhaltigkeit des Stoffes, sondern z. T. durch zu breite Darstellung begründet, wie sie dem mündlichen Vortrag entspricht, aber dem Druck nicht angemessen ist; deshalb mag das Interesse des Lesers gelegentlich erlahmen. Jedoch bleibt das Buch auch unter diesen Umständen noch ein wertvolles Nachschlagewerk für den Naturwissenschaftler, der sich über einzelne Abschnitte der Physik unterrichten will; dabei ist es von großem Nutzen, daß im Text eine Beziehung auf frühere Kapitel selten stattfindet, und jedes einzelne Kapitel, evtl. im Rahmen seiner Nachbarkapitel, selbständig gelesen werden kann.

Der Stoff ist in der Tat sehr umfangreich. In einem 1. Buch wird über Raum, Zeit, Masse, berichtet. In 36 Vorlesungen wird hier über Geometrie, Kinematik, spezielle Relativitätstheorie, Mechanik, Thermodynamik, Astrophysik gesprochen. Nützlich erscheint für den Nichtphysiker eine kurze Einführung in die Differential- und Integralrechnung, die in der 12.—14. Vorlesung gegeben wird. Interessant wird ein Kapitel über Gravitation im krummen Raum (31. Vorlesung), in dem eine Verallgemeinerung des Newtonschen Gravitationsgesetzes für den zweidimensionalen krummen Raum gegeben wird; man vermißt allerdings ein Eingehen auf *Einstein's* Gravitationstheorie. Das 2. Buch handelt von der Materie und führt von den chemischen Tatsachen der Atomistik bis zur Kristallphysik und den Atommodellen. Das 3. Buch berichtet über den Äther. Über Optik wird ausführlich vorge tragen und das Ätherproblem schließlich dahin formuliert (S. 603), daß ein materiell gedachter Äther auf Widersprüche führt, und man nach den Gesetzen des Äthers unabhängig von allen Substanzvorstellungen suchen muß — eine Auffassung, wie sie ähnlich kürzlich auch von *Einstein* ausgesprochen wurde. In den Vorlesungen 82—85 wird sodann noch über Farbenlehre berichtet und werden die Theorien von *Newton*, *Helmholtz*, *Goethe* und *Hering* erwähnt. Ein 4. Buch über „Naturgesetze“ beschließt das Werk. Hier werden allgemeine Gedanken über Gesetzmäßigkeit, Kausalität, Wahrscheinlichkeit, Zufall, Statistik, vor-

¹⁾ Man vergleiche den Aufsatz des Ref. im 5. Jahrg. dieser Zeitschrift Heft 1/2, 1917.

getragen. Die Betonung der philosophischen Grundlagen ist charakteristisch für dieses Werk; sie bewirkt durchweg eine erfreuliche Nüchternheit der Darstellung und läßt überall die sachliche Einstellung des Naturforschers erkennen, dem metaphysische Spekulationen unsympathisch sind und der sich des induktiven Charakters aller entdeckten Gesetzmäßigkeiten, auch der allgemeinsten, bewußt ist. Interessant erscheint eine Bemerkung, daß sich die Naturgesetze im Laufe der Zeit ändern könnten" (S. 693); jedoch wird auch dieses Problem als philosophisch nicht weiter verfolgt. Mit Recht — denn es ist nur im Zusammenhang exakter erkenntnistheoretischer Formulierungen lösbar und verführt leicht zu terminologischen Streitereien. Von besonderer Bedeutung erscheint mir *Exners* klares Eintreten für die objektive Bedeutung der Wahrscheinlichkeitsgesetze, in denen er mit Recht eine ganz allgemeine Gesetzmäßigkeit der Natur erblickt.

Hans Reichenbach, Stuttgart.

Kronacher, C., Allgemeine Tierzucht. Vierte Abteilung. Die Züchtung. Berlin, Paul Parey, 1919. XIII, 357 S. und 116 Abbild. Preis geh. M. 13,—; geb. M. 20,— + T.

Der vorliegende Band ist der vierte Teil eines auf sechs Abteilungen berechneten größeren Werkes. Beim Schreiben des Buches scheint dem Verfasser die Aufgabe vorgeschwebt zu haben, den gebildeten Landwirten ein leichtverständliches Sammelwerk über das ganze Wissensgebiet der Tierzucht in volkswirtschaftlicher, betriebstechnischer und naturwissenschaftlicher Hinsicht zu geben. Dies ist ihm vollständig gelungen. *Kronacher* steht bei der Erklärung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Tierzucht auf einer ebenso hohen Warte, wie bei der Besprechung der physiologischen Grundgesetze. Sein Werk, welches bei gedrängter Kürze eine meisterhafte Beherrschung des Stoffes verrät, wird für den Landwirt ein unentbehrliches Nachschlagebuch und eine Quelle längst vermißter Belehrung sein, und es wird auch viel zur Hebung der deutschen Tierzucht und zur Rentabilität der Tierhaltung beitragen.

Was den Aufbau des Werkes selbst anbetrifft, so gibt Verfasser zuerst einen Überblick über die volkswirtschaftliche Bedeutung der Tierzucht und führt dabei an Hand statistischer Daten aus, daß das deutsche Nationalvermögen an Viehbestand sich vermehren ließe. Der Wert der in Deutschland vorhandenen Nutztiere verdoppelte sich in 20 Jahren und belief sich im Jahre 1912 auf 12 Milliarden Mark. In demselben Jahre stieg die Produktion auf 4 Milliarden Mark an Vieh und drei Milliarden Mark an Milch. Prof. *Kronacher* kommt zu dem Schluß: Die Stärke Deutschlands ist die Eigenwirtschaft und die Unabhängigkeit der landwirtschaftlichen Produktion vom Auslande.

Sehr markant sind die Bemerkungen Verfassers über die betriebstechnische Bedeutung der deutschen Tierzucht. Von der 35 Millionen Hektar betragenden landwirtschaftlich nutzbaren Fläche Deutschlands ist die Hälfte in Form von Wiesen, Weiden und Feldfutterflächen den Tieren gewidmet, und die Tierhaltung hat den Zweck, die als menschliche Nahrung direkt nicht verwendbaren Erfrügnisse dieser Fruchtböden durch Veredelung in Fleisch, Fett, Milch, Wolle usw., mit einem Wort, in tierische Produkte umzuwandeln.

Im naturwissenschaftlichen Teile ist es dem Verfasser vortrefflich gelungen, die modernen Prinzipien der Züchtungslehre dem Landwirte in leichtverständlicher Form zugänglich zu machen. Seine mit guten

Abbildungen versehenen Beschreibungen über die Befruchtung des Muttereies und die Entwicklung des Embryos bis zur Entstehung der Keimblätter sind so präzise zusammengefaßt, daß sogar der Laie nach Durchlesen der klaren Darstellungen diese schwierigen Probleme handgreiflich fassen kann. Große Bedeutung kommt auch seinen Ausführungen über die Variation, Selektion, Vererbung, Art- und Rassenbildung zu. Durch die klare Charakterisierung dieser Begriffsbestimmungen, die in der bisherigen wissenschaftlichen Literatur schwer verständlich und mit Fremdwörtern überhäuft waren, werden dem praktischen Landwirte bisher verschlossene Wissenszweige zugänglich gemacht.

Wie bereits erwähnt, ist der vorliegende Band als Teil eines größeren Werkes gedacht, und zwar zieht Verfasser in dieser vierten Abteilung die Nutzenanwendung der in den drei ersten Bänden aufgestellten Theorie auf die Praxis. Für die Zuchtwahl stellt er als erste Grundbedingung auf, daß zur Züchtung nur solche Elterntiere ausgewählt werden sollen, welche die gewünschten Eigenschaften auf die Nachkommen übertragen können. In dieser Hinsicht beurteilt er die Tiere nach der Abstammung, nach den Leistungen und nach der äußeren Erscheinung. Besonders interessant sind die Bemerkungen über den letzteren Punkt. *Kronacher* bemüht sich auch hier, wie in seinem ganzen Buche, die alten Erfahrungen der Landwirte wissenschaftlich zu begründen. Allerdings hätte er hier auch die neuesten Entdeckungen der Mediziner verwerten sollen. Die Physiologie des Menschen hat nämlich festgestellt, daß sowohl die morphologische Entwicklung als auch die Tätigkeit der Organe vom inneren Blutdrüsensystem abhängig ist. So ist es auch zu erklären, daß äußere Erscheinung und Leistungen der Tiere miteinander in Zusammenhang stehen, daß z. B. Kühe mit samtartiger Haut und schöner gleichmäßiger Haarbedeckung meist auch gute Milchkühe sind. Dies muß aber nicht unbedingt immer der Fall sein. Denn bei der außerordentlich großen Anzahl von Faktoren, die im Blutdrüsensystem mitwirken, können auch solche Kombinationen eintreten, bei denen die Entwicklung der Milchdrüse eine andere Richtung nimmt, als die des Habitus.

Bei der Auswahl der Zuchttiere sollen, nach *Kronacher* auch die Konstitution, das Temperament, die Futtermittelverwertung, die Gesamtkörperentwicklung und gewisse Erbfehler in Betracht gezogen werden. Auch bei der Behandlung dieser Gesichtspunkte schöpft der Verfasser ausschließlich aus der tierärztlichen und der Tierzuchtliteratur, obgleich die Mediziner in dem neuen Wissenszweig der Prognostik viele solche speziellen Erfahrungen gemacht haben, welche auch bei der Beurteilung der Tiere angewendet werden könnten. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, sei nur erwähnt, daß die chemische Analyse des Stoffwechsels (Körperflüssigkeiten-, Harn- und Fäcesuntersuchung) bedeutend mehr Aufschlüsse über die Fähigkeiten eines Tieres geben könnte, als die äußeren Körpermerkmale und die Abstammung. Wenn man die Leistungsfähigkeit der Zuchttiere richtig beurteilen will, so ist es notwendig, eine allgemeine Prognostik des Tieres in dem Sinne anzustellen, wie es bei der Beurteilung des gesunden und des kranken Menschen von den Ärzten gemacht wird, und es ist als sicher anzunehmen, daß bei einem derartigen Verfahren sich zahlreiche Übereinstimmungen zwischen Prognostik und Tierbeurteilungskunde herausstellen würden.

Das höchst interessante Buch *Kronachers* endet mit der Ausführung der Züchtung, wobei beson-

ders die Paarung und die Trächtigkeit der Elterntiere behandelt wird. In jedem Detail gut ausgearbeitet und den Anforderungen der landwirtschaftlichen Praxis in jeglicher Beziehung vollkommen gewachsen, ist das Werk nicht nur für Landwirte unentbehrlich, sondern auch für Physiologen und Zoologen lesenswert, da die einzelnen Begriffsbestimmungen unter Anführung zahlreicher Beispiele, so präzise und klar erklärt werden, daß auch der Theoretiker aus dem Lesen des Buches Nutzen ziehen kann.

K. Ereky, Budapest.

Deutsche Geologische Gesellschaft.

Sitzung vom 6. April 1921.

Herr *Stille* sprach über **Studien über Transgressionen**. Die Begriffe Transgression und Regression werden nicht einheitlich gebraucht. Im Sinne von *Suess* möchte Redner als Transgression nur die positive Verschiebung der Strandlinie im Sinne steigender Facies (limnisch — brakisch — marin) gelten lassen und entsprechend als Regression den umgekehrten Vorgang. Danach ist es nicht angängig, beispielsweise von einer Transgression des Buntsandsteins zu sprechen. Solche Fälle, die also eine Erweiterung bzw. Verengung des Sedimentationsraumes darstellen, bezeichnet Redner als Extension bzw. Reduktion; derartige Vorgänge sind nicht an Meeresbewegungen streng gebunden, wie die Transgression und Regression.

Nach dieser Begriffsbestimmung untersucht der Redner die Gültigkeit des Hauge'schen Gesetzes von der Gleichzeitigkeit von Transgressionen und Regressionen in der geologischen Geschichte der Erde. An mehreren Beispielen, besonders der Kreide und des Tertiärs, stellt er die Gleichzeitigkeit gleichsinniger Meeresbewegungen auf großen Teilen der Erde fest, denen in anderen Gebieten keine entgegengesetzten Bewegungen gegenüberstehen, wie das Hauge'sche Gesetz es verlangt. Die Beispiele, die als Begründung dieses Gesetzes vielfach angeführt werden, setzen oft eine Gleichzeitigkeit von Ablagerungen voraus, die als solche gar nicht besteht. Für Transgressionsstudien kann die Gliederung der Formationen nie eingehend genug sein. Es genügt z. B. nicht, kurzerhand in seiner Gesamtheit den oberen Jura verschiedener Gegenden zu vergleichen, da sich jede Unterabteilung, jede Zone verschieden verhalten kann. Ferner zeigt der Redner, wie unzulässig es ist, aus dem Umstand, daß in manchen Gegenden die Transgression der oberen Kreide bei fehlendem Cenoman erst im Turon sich zeigt, auf eine Regression im Cenoman dieser Gebiete zu schließen; solche Verhältnisse sind so zu erklären, daß die im Cenoman beginnende und im Turon fortschreitende Transgression erst spät von den betreffenden Gebieten Besitz ergriff.

Der Redner kommt zu dem Ergebnis, daß in der Regel zur selben Zeit nur gleichsinnige Meeresbewegungen auf der ganzen Erde stattfanden. Hat man daher in einem Ablagerungsbecken einmal die Aufeinanderfolge von Trans- und Regressionen festgestellt, so kann das so gewonnene Schema als ein Kanon auch für andere Gebiete herangezogen werden.

Die Frage, wo denn die Wassermassen z. B. bei einer die ganze Erde erfassenden Regression bleiben, läßt sich auch bei Ablehnung des Hauge'schen Gesetzes durchaus befriedigend erklären. Dem Normalfall der Verteilung von Wasser und Land stehen die beiden Perioden größter und kleinster Wasserbedeckung gegenüber, die als thalassokrate bzw. geokrate Perioden be-

zeichnet werden. Eine Steigerung des epirogenetischen Drucks führt zu einer Emporhebung des Festen und Vertiefung der Meeresbecken, in die sich das Meer zurückzieht: Geokrate Periode. Das umgekehrte Bild zeigt sich in thalassokraten Perioden beim Fehlen jeglichen epirogenetischen Druckes.

Herr *Haack* sprach über: **Die unterneokome Störungsphase im westlichen Osning**. In mehreren Profilen konnte der Redner durch eine deutliche Transgression, die über vorgefaltete und abgetragene Schichten hinweg erfolgte, eine Faltungsphase nachweisen, deren Alter er in die untere Valendisstufe stellt.

W. K.

Physikalische Mitteilungen.

Das Spektrum des Hellums im extremen Ultraviolett. Über die Fortschritte in der Erforschung des extrem ultravioletten Spektralgebietes ist in dieser Zeitschrift (1920, S. 866) erst kürzlich berichtet worden. Es sei daran erinnert, daß *Schumann* mit Hilfe eines Flußspatvakuum spektrographen unter Verwendung von gelatinefreien Platten bis zu ca. 1200 Å. vordrang. *Lyman* konstruierte den ersten Vakuumgitterspektrographen. Lichtquelle, Spalt, Konkavgitter stehen in einem abgeschlossenen, evakuierbaren Raume, der mit dem Gase erfüllt ist, dessen Spektrum untersucht werden soll. Der Druck des Gases ist so gewählt, wie er zum Betrieb der Lichtquelle, einer Geißler'schen Entladung durch das Gas, notwendig ist. Als einziges absorbierendes Medium zwischen Lichtquelle und Platte befindet sich also das Gas. Mit dieser Anordnung drang *Lyman* in Helium bis zu 500 Å. ins Ultraviolette vor. Einen weiteren Fortschritt erzielte *Millikan*, der auch die Gasatmosphäre vermindert durch Verwendung von Knallfunken im äußersten Vakuum und dabei die Spektren der Materialien, aus denen seine Elektroden bestanden, also vor allem die Spektren der Metalle bis zu ca. 200 Å. verfolgen konnte.

Der nun neuerdings von *Lyman* erzielte Fortschritt geht in etwas anderer Richtung. Es bestehen nämlich sowohl bei der ursprünglichen *Lyman'schen* wie bei der *Millikan'schen* Anordnung erhebliche Schwierigkeiten bei der Zuordnung der gefundenen Linien zu den chemischen Elementen. Diese Schwierigkeiten machten sich z. B. beim Helium stark bemerkbar. *Lyman* hatte bei Verwendung einer kondensierten Entladung durch Helium zwischen 1200 und 600 Å. eine Reihe von Linien beobachtet, die er dem Helium zuordnete. *Millikan* zeigte dann, daß diese Linien bei seiner Anordnung stark auftraten bei Verwendung von Kohleelektroden und bei solchen Versuchsbedingungen, bei denen die Anwesenheit von Helium sehr unwahrscheinlich war. Neuerdings hat nun *Lyman* seine Versuchsanordnung vor allem nach dem Gesichtspunkt hin verbessert, möglichst reine Versuchsbedingungen zu haben und Verunreinigungen weitgehend zu vermeiden. Soweit sich aus der bisher erschienenen kurzen Notiz im *Physical Review*, März 1921, S. 434, ersehen läßt, verwendet er als Lichtquelle ein Quarzrohr mit hohlzylinderförmigen Elektroden, wie sie von *Paschen* als zweckmäßig angegeben worden sind. Man muß nach *Lyman's* Angaben annehmen, daß sich das Rohr in dem mit Helium erfüllten Vakuum spektrographen befindet und an seinem einen Ende eine Öffnung trägt, aus der das in Längsrichtung der Zylinderachse ausgestrahlte Licht auf den Spalt fällt. Das Rohr wurde mit Gleichstrom bis zu 30 Milliamp. betrieben. Das Gitter hat einen Krümmungsradius von 20 cm.

Als Resultat seiner Versuche gibt *Lyman* an, daß bei 1640 und 1215 Å zwei Linien seien, die wahrscheinlich dem Helium zugehören. Bei 585 Å findet er eine starke Linie, begleitet von fünf bis sechs schwachen. Erstere wird bestimmt dem Helium, letztere wahrscheinlich Verunreinigungen zugeschrieben. Es ist nun interessant, dies Resultat mit den bisherigen Kenntnissen über das Spektrum des Heliums in Zusammenhang zu bringen, zumal da einerseits das Spektrum des Heliums auf Grund des Bohrschen Atommodells Gegenstand modernster quantentheoretischer Berechnungen ist und andererseits dasselbe ultraviolette Spektralgebiet des Heliums von *Franck* und *Knipping* nach der Methode des Elektronenstoßes auf das genaueste untersucht ist, so daß hier ein Vergleich zwischen den nach diesem Verfahren und den auf rein optischem Wege gewonnenen Wellenlängen möglich ist. Hierauf sei etwas näher eingegangen:

Seit langem bekannt und von *Runge* und *Paschen* in Serien eingeordnet sind nun die in der Hauptsache im sichtbaren Spektralgebiet liegenden und ins Ultraviolette bis etwa 2600 Å hineinreichenden Linien. Diese entstehen, wie man aus Absorptionsversuchen sicher schließen kann, beim Rückspringen eines Elektrons auf Endbahnen, von denen springe keine dem Dauerzustand des unregten He-Atoms entspricht. Diese Endbahnen sind also sicher alle mindestens zweiquantig. Für Linien kürzerer Wellenlängen als 2600 Å ist in dem Komplex dieser Serienlinien kein Platz, und die von *Lyman* mit einiger Wahrscheinlichkeit dem Helium zugeordneten Linien von 1640 und 1215 Å können hier nicht eingeordnet werden. Viel ultravioletter können nun aber die Linien sein, bei denen das Elektron von einer höherquantigen Bahn auf die dem Dauerzustand des He-Atoms entsprechende einquantige Bahn zurückfällt. Dem kleinsten möglichen derartigen Übergang entspricht nun aber nach den Messungen von *Franck* und *Knipping* eine Energiedifferenz von 20,5 Volt, was einer Frequenz von 600 Å gleichkommt. Zwischenstufen zwischen diesen und den oben erwähnten Sprüngen kann es nicht geben. Da nun aber die Wellenlängen 1640 und 1215 Å gerade in dies Gebiet fallen, ist der Schluß unvermeidlich, daß dieselben dem neutralen Helium nicht zugehören. Dagegen können sie in der Tat gedeutet werden als Linien, die Quantensprüngen des Elektrons des wasserstoffähnlichen Helium+-Ions entsprechen. (Es ergibt sich nämlich

$$\nu = 4N \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \quad \lambda = 1640 \text{ Å E.}$$

$$\text{und} \quad \nu = 4N \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) \quad \lambda = 1215 \text{ Å E.}$$

Wie steht es nun aber mit der Linie 585 Å? Wenn sie sich überhaupt in das System der möglichen Übergänge einordnen läßt, so kann es sich nur um solche handeln, bei denen die Endbahn des Emissionsprozesses der unregte Dauerzustand des Heliums ist. Diesen wollen wir entsprechend der Paschenschen Terminologie mit 0,5 *S* bezeichnen. Welches ist nun die Anfangsbahn, von der ausgehend die Linie 585 Å emittiert wird. Es kann nur eine der höherquantigen Bahnen sein. Diese zerfallen nun in zwei große Gruppen, die des Orthoheliums und die des Parheliums. Erfahrungsgemäß kommen Übergänge nur zwischen Elektronenbahnen derselben Gruppe vor. Da der Dauerzustand 0,5 *S* nach den gut fundierten und durchs Experiment des Elektronenstoßes bestätigten Überlegungen von *Franck* und *Reiche* dem Parhelium zuzuordnen ist, so kann die von *Lyman* in Emission be-

obachtete Linie nur durch den Übergang von einer höherquantigen Bahn des Parheliums auf die Bahn 0,5 *S* entstehen. Auch diese Bahnen des Parheliums zerfallen wieder in weitere Untergruppen. Es gibt da zunächst eine Folge von Bahnen, die in ihrer Form dem Dauerzustand von 0,5 *S* sehr ähnlich sind. Sie werden als *S*-Bahnen bezeichnet und tragen entsprechend wachsender Quantenzahl und weiterer Entfernung vom Atomkern die Symbole 1,5 *S*; 2,5 *S*; 3,5 *S*; . . . Übergänge zwischen diesen Bahnen und der Dauerbahn 0,5 *S* sind normalerweise nicht zu erwarten, da sie nach dem sogen. Auswahlprinzip verboten sind. Vielmehr sollte man zunächst Übergänge von einer anderen Klasse von Bahnen, den sogen. *P*-Bahnen, nach der Bahn 0,5 *S* erwarten. Diese Übergänge würden die eigentliche Hauptserie des Parheliums darstellen in der Paschenschen Terminologie $\nu = 0,5 \text{ S} - m \text{ P}$. Diese Serie müßte aber auch Absorptionsserie sein, d. h. unregtes Heliumgas müßte die Frequenzen dieser Serie absorbieren. Da nun, soweit ersichtlich, der ganze Spektrograph bei *Lyman*s Anordnung mit Helium gefüllt war, so würden diese Frequenzen, auch wenn sie in dem Entladungsrohr vorhanden wären, bei ihrem Durchgang durch das Heliumgas absorbiert werden und könnten gar nicht oder zum mindesten nur in starker Selbstumkehr auf der Platte erscheinen. Tatsächlich findet *Lyman* auch keine Linie dieser Serie, deren erste bei 569, die zweite bei 523 Å liegen müßte.

Nun zeigt aber eine weitere Überlegung, daß die durch das Auswahlprinzip verbotenen Übergänge zwischen verschiedenen *S*-Bahnen bei Vorhandensein starker elektrischer Felder doch vorkommen können. Da solche bei *Lyman*s Anordnung vorhanden sind, können wir das Auftreten der Linie $\nu = 0,5 \text{ S} - 1,5 \text{ S}$ im Entladungsrohr doch erwarten. Sie muß auch beobachtbar sein, da das Heliumgas diese Frequenz nicht absorbiert. Nun ist die Energiedifferenz zwischen diesen beiden Bahnen nach dem Elektronenstoßverfahren von *Franck* und *Knipping* genau gemessen worden und beträgt in Volt 21,25 Volt. Berechnet man hieraus die Frequenz der bei diesem Übergang zu erwartenden Linie, so ergibt sich genau $\lambda = 585 \text{ Å}$ in überraschender Übereinstimmung mit dem Resultat von *Lyman*. Man mag zugeben, daß die völlige Gleichheit der Werte zufällig ist, immerhin kann kein Zweifel daran bestehen, daß gerade die Linie, die nach den theoretischen Überlegungen zu erwarten ist, beobachtet wird mit genau der Wellenlänge, die aus den mit zahlreichen Schwierigkeiten verknüpften Meßmethoden des Elektronenstoßverfahrens gewonnen ist. Dies Resultat bedeutet also nicht nur eine erfreuliche Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment, sondern auch eine Bestätigung der Meßergebnisse des Elektronenstoßverfahrens und ihrer Deutung. W. Grotrian.

Neue Versuche über den Durchgang von α -Teilchen durch Materie. Die Untersuchungen *Rutherfords* und seiner Mitarbeiter über den Durchgang von α -Teilchen durch Materie haben in jüngster Zeit zu neuen Erfolgen geführt. Vor allem nach zwei Richtungen hat *Rutherford* seine Arbeiten ausgedehnt. Einmal sucht er zu erforschen, wie der Atomkern nach außen wirkt, d. h. er will vermittle Zerstreuung von α -Teilchen die Kernladungszahl sowie das Kraftgesetz bestimmen, mit dem der Atomkern eines Elements auf ein α -Teilchen wirkt, resp. wie weit letzteres von dem r^2 -Gesetz abweicht. Zweitens sucht er den inneren Aufbau der Atomkerne durch deren Zerspaltung aufzuklären.

Dem ersteren Versuche ist eine Arbeit von *J. Chadwick* im Dezemberheft des Phil. Mag. 1920 gewidmet.

Chadwick bestimmte zunächst die Kernladungszahl von Platin, Silber und Kupfer. Geht ein Strahl von α -Teilchen durch eine dünne Metallschicht hindurch, so wird ein Bruchteil von ihnen in einen gewissen Winkel abgelenkt. Aus dem Verhältnis der Zahl der α -Teilchen, die im Winkel φ von der ursprünglichen Strahlrichtung abgelenkt worden sind, zu der Zahl der α -Teilchen, die auf einen gleich großen Abschnitt fallen, wenn keine Schicht zwischengeschaltet wird, läßt sich die Kernladungszahl des zerstreuen Elementes berechnen. Die Zahl der α -Teilchen wird dabei bekanntlich durch die Zahl der Lichtblitze bestimmt, die sie auf einem ZnS-Schirm erzeugen. Die Schwierigkeit, die sich dieser Methode der Kernladungsbestimmung entgegenstellt, beruht auf der Kleinheit des oben genannten Verhältnisses, dieses beträgt $\frac{1}{500}$ bis $\frac{1}{1000}$. Fallen also nur 30 zerstreute α -Teilchen pro Minute auf den Schirm, so treffen direkt gegen 20 000 Teilchen auf. Um nun trotzdem dieses kleine Verhältnis genau zu messen, wandten Rutherford und Chadwick eine Methode an, die im folgenden ganz kurz beschrieben sei. Zwischen der α -strahlenden Substanz und dem ZnS-Schirm wird ein ebener Kreisring der zu untersuchenden Substanz gelegt. Einmal beobachten sie nur solche Teilchen, die durch den Metallring von der geradlinigen Bahn gerade auf den Schirm abgelenkt werden; das andere Mal werden alle Teilchen, die durch den Metallring gehen, abgelenkt und nur direkt auffallende beobachtet. Um diese große Anzahl zu bestimmen, schalten sie in den Strahl eine α -Teilchen absorbierende, mit einem schmalen Schlitz versehene Kreisscheibe ein, die sich mit bestimmter Geschwindigkeit dreht. Es werden immer nur dann α -Teilchen auf den Schirm fallen, wenn der Schlitz gerade den Strahl schneidet, dadurch wird die Zahl der beobachtbaren Teilchen im bestimmten bekannten Verhältnis stark vermindert, und zwar ist dieses Verhältnis nur durch die Weite des Schlitzes bestimmt, nicht aber durch seine Umdrehungsgeschwindigkeit. Man kann daher die Umdrehungszahl so wählen, daß auch ein bequemes Zählen ermöglicht wird.

Für die nach dieser Methode bestimmte Ordnungszahl des Platins ergab der Mittelwert aus mehreren Beobachtungen 77,4, während der richtige Wert 78 beträgt; die maximalen Abweichungen betrugen 80,6 und 75,3. Man sieht also, daß sich eine recht genaue Bestimmung erzielen ließ. Für Silber wurde im Mittel 46,3 gegen 47 gefunden, für Kupfer 29,3 gegen 29.

Mit demselben Apparat wurde nun auch die Frage nach dem Kraftgesetz zwischen α -Teilchen und Atomkern untersucht. Das Prinzip ist dabei folgendes: Fallen α -Teilchen mit verhältnismäßig kleiner Geschwindigkeit auf Materie, so werden die α -Teilchen sich nur so weit dem Kern nähern, daß das Coulombgesetz noch als streng gültig angenommen werden kann. Mit wachsender Geschwindigkeit nähern sich die α -Teilchen immer mehr dem Atomkern und kommen schließlich in ein Gebiet, wo Abweichungen von dem r^{-2} -Gesetz möglicherweise schon merklich sind. Dem entsprechend läßt sich die Zahl der in einer gewissen Richtung zerstreuten α -Teilchen nicht mehr durch die frühere Formel ausdrücken, sondern nur durch eine von ihr verschiedene. Stoßen sich Atomkern und α -Teilchen mit einer Kraft ab, die proportional $\left(\frac{1}{r}\right)^p$ ist (r = Abstand Kern- α -Teilchen), so ist die Zahl der in einer bestimmten Richtung zerstreuten Teilchen proportional $\left(\frac{1}{n^2}\right)^{\frac{2}{p-1}}$ (n Geschwindigkeit des α -Teilchens). Die Abhängigkeit der Zahl der in einer bestimmten Richtung

zerstreuten α -Teilchen von ihrer Ausgangsgeschwindigkeit läßt also einen Schluß auf das Kraftgesetz zu.

Es ergab sich, daß für Platin bis zu einer Entfernung von 10–11 cm vom Kern der Exponent des Kraftgesetzes zwischen 1,97 und 2,03 liegt, d. h. in genauer Übereinstimmung mit dem Coulombgesetz ist.

Die Frage nach dem innern Aufbau der Atomkerne ist in einer kurzen vorläufigen Notiz von Rutherford und Chadwick in der Nature vom März 1921 behandelt. Es ist ihnen nunmehr durch Verbesserung der Optik gelungen, recht genaue Reichweitenbestimmungen vorzunehmen. Dabei hat sich ergeben, daß bei der Zerstümmung des Stickstoffkerns H-Strahlen von 40 cm Reichweite auftreten, wenn die Reichweite der benutzten α -Teilchen 7 cm beträgt. Da beim Durchgang von α -Teilchen (Reichweite = 7 cm) durch reinen Wasserstoff H-Strahlen mit einer Reichweite von nur 29 cm entstehen, stammen die H-Teilchen (Reichweite = 40 cm) sicher nicht aus Verunreinigungen des N-Gases, sondern aus dem Stickstoffkern selbst. Es hat sich nun weiter ergeben, daß auch bei Durchgang von α -Teilchen durch Bor, Fluor, Natrium, Aluminium, Phosphor Teilchen von einer Reichweite von 40 cm und mehr erzeugt werden; diese stammen also sicher nicht, wegen ihrer großen Reichweite, aus Verunreinigungen der untersuchten Substanzen. Rutherford vermutet, daß es sich um H-Teilchen handelt, dies müsse sich aber erst aus genaueren Ablenkungsversuchen ergeben. Bei Li, Be, C, O, Mg, Si, S, Cl, Ka, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn und Au konnten mit Sicherheit keine Teilchen großer Reichweite festgestellt werden. Wenn sie überhaupt auftreten, so sind es sicher äußerst wenig. Die Reichweiten betrugen im Mittel 40 cm, manchmal aber auch 80 cm. Trifft die Annahme zu, daß es sich hier um H-Teilchen handelt, so würden diese eine um 25 % größere Energie besitzen als die sie erzeugenden α -Teilchen.

Im allgemeinen zeigte sich, daß bei Elementen mit dem Atomgewicht $4n$ (n = einer ganzen Zahl) keine Spur von Teilchen großer Reichweite entdeckt wurde. Bei Elementen mit dem Atomgewicht $4n+2$, $4n+3$ wurden sie jedoch häufig gefunden. Rutherford meint, daß dies vielleicht für die bekannte Annahme spräche, daß Elemente vom Atomgewicht $4n$ nur aus He-Teilchen bestehen und sehr stabil sind, während Elemente mit dem Atomgewicht $4n+1$ aus He- und H-Teilchen bestehen. Vom Atomgewicht 31 an findet Rutherford nur noch ein sehr schwaches Auftreten von Teilchen großer Reichweite. Um zu einer vollen Würdigung dieser schönen Ergebnisse zu kommen, wird man die ausführliche Veröffentlichung abwarten müssen.

H. Kallmann.

Selektive Reflexion von Wärmewellen durch Systeme linearer Resonatoren. Versuche über die Reflexion von Hertzschen Wellen durch Gruppen von linearen Resonatoren ergeben, daß ein Maximalbetrag der Strahlung von einer Platte reflektiert wird, auf der lineare Resonatoren in parallelen Längs- und Querstreifen angeordnet sind, wenn die Länge der einfallenden Welle etwa das Zwei- bis Dreifache der Resonatorlänge beträgt. Die Ausdehnung dieser Untersuchungen auf das Gebiet der Wärmewellen begegnet großen Schwierigkeiten, denn dazu ist die korrekte Herstellung von Resonatoren außerordentlich kleiner Dimensionen erforderlich. Rubens und Nichols (Ann. d. Phys. 60, 418, 1897 und Phys. Rev. 5, 164, 1897) führten die ersten derartigen Reflexionsversuche an Resonatorsystemen im ultraroten Gebiet mit Reststrahlen von Flußspat von der mittleren Wellenlänge 23,7 μ aus. Das Reso-

natorensystem stellten die beiden Forscher in mühsamer Arbeit her, indem sie dünne, auf Glas niedergeschlagene Silberschichten mit Teilmaschine und Diamant in gleiche Rechtecke vom gegenseitigen Abstand $5\ \mu$, die sämtlich $5\ \mu$ breit und bei den verschiedenen Platten verschieden lang waren, teilten. Das Reflexionsvermögen ergab sich am größten, wenn die Resonatorenlänge ungefähr ein ganzzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge war. Mit dem positiven Resultat dieser Untersuchung war ein wichtiger Nachweis für die Identität von elektrischen und Wärmewellen erbracht.

Aber im Jahre 1912 gelangte Wood (Phil. Mag. 25, 440, 1913) bei Versuchen, die denen von Rubens und Nichols ähnlich waren, zum entgegengesetzten Resultate. Er fand, daß sowohl Silberschichten auf Quarzplatten, die in Quadrate bis zur Lineardimension von weniger als $\frac{1}{10}$ Wellenlänge geteilt waren, wie auch Schichten aus kleinsten kugelförmigen Metallteilchen für die durch Quarzlinse isolierte Strahlung des Auerbrenners, die ein Intensitätsmaximum bei $100\ \mu$ hat, vollkommen undurchsichtig waren.

Um die bedeutsame Frage der Resonanz von Wärmewellen zu entscheiden, unternimmt neuerdings J. C. Wente (Phys. Rev. Vol. XVI, Ser. II, p. 133, 1920) mit verfeinerten Hilfsmitteln eine Untersuchung, die eine volle Bestätigung der Resultate von Rubens und Nichols bringt. Damit die Dimensionen des Resonatorensystems möglichst groß gemacht werden können, kommt es darauf an, mit sehr langen Wellen zu arbeiten. Je größer aber die Wellenlänge, um so kleiner wird die Intensität der Strahlung, ein Übelstand, der, wenn man zur Erzielung eines scharfen Resonanzmaximums homogene Strahlung verwenden will, noch verschärft wird. Es bedarf also der Konstruktion eines besonders empfindlichen Meßinstrumentes. Als solches dient ein Thermoelement, bestehend aus Wismut und Wismut-Zinn-Legierung (95 % Bi, 5 % Sn), das im hohen Vakuum steht und mit einem hochempfindlichen Galvanometer verbunden ist. Wente benutzt so wie Wood die langwellige Strahlung des Auerbrenners, kombiniert aber, um tunlichst homogene Strahlung zu erreichen, die Quarzlinse mit der Reststrahlenmethode, indem er die durch Quarzlinse isolierte Strahlung noch zweimal an Jodkaliumplatten, deren Reststrahlen bei $96\ \mu$ liegen, reflektieren läßt. Die Interferometermessung ergibt im Spektrum der einfallenden Strahlung ein sehr scharfes Maximum bei $95,8\ \mu$. Die Resonatorensysteme stellt Wente nach der gleichen Methode wie Rubens und Nichols her. Die Breite der Resonatoren beträgt $8\ \mu$, ihre Länge variiert bei den 8 benutzten Platten von 13 bis $42\ \mu$. Den Abstand der Resonatoren in der Längsrichtung wählt Wente sehr groß, nämlich $44,5\ \mu$. Es zeigte sich nämlich, daß sehr kleine Zwischenräume zwischen den Silberstreifen, wie sie durch einfaches Ritzten mit dem Diamanten hergestellt werden, nicht ausreichen, um den Widerstand der Silberschicht zu ändern. Dieser steigt erst, wenn die Breite der Zwischenräume $2-3\ \mu$ beträgt, um bei $5\ \mu$ praktisch unendlich zu werden. Bei schmalen Zwischenräumen gelingt es nämlich nicht, das Silber zwischen den Resonatoren restlos zu entfernen, so daß tatsächlich immer noch eine zusammenhängende Silberschicht vorhanden ist. Diese zu schmalen Abstände der Resonatoren waren der Grund für die negativen Resultate Woods. Aber auch bei den Resultaten von Rubens und Nichols vermutet Wente eine Beeinflus-

sung durch den zu geringen Abstand der Resonatoren (ca. $\frac{1}{2}$ Wellenlänge), denn Versuche mit elektrischen Wellen haben ergeben, daß bei abnehmendem gegenseitigen Abstand das Reflexionsmaximum bei längeren Resonatoren auftritt.

Wente erhält bei seinen Messungen ein ziemlich ausgeprägtes Maximum des Reflexionsvermögens, wenn die einfallende Wellenlänge das 3,3fache der Resonatorenlänge beträgt. Bei Rubens und Nichols hat dieser Quotient den Wert 2,0. Wentes Resultat steht, wie er bemerkt, in bester zahlenmäßiger Übereinstimmung mit den Ergebnissen analoger Versuche, die Blake und Fountain (Phys. Rev. 23, 257, 1906) mit elektrischen Wellen von der Wellenlänge 10 cm ausführten.

Gerda Laski.

Ein absolutes Voltmeter für 250 000 Volt Effektivspannung. (A. Palm, Zeitschr. f. techn. Phys. 7, 1920, S. 137.) Die Einrichtung ist im Hochspannungslaboratorium der Firma Hartmann & Braun A.-G. entstanden und dient besonders zur Eichung von Hochspannungsvoltmetern. Das Instrument beruht auf dem bekannten Prinzip der Spannungsstromwage, hier einer Doppelwage, die in Fig. 1 schematisch dargestellt ist. Der Wagebalken AOB ist in O um eine zur Papier-Ebene senkrecht stehende Achse drehbar gelagert. Die Anordnung ist symmetrisch zur Achse O, ihre linken Teile sind mit dem Index 1, ihre rechten mit dem Index 2 bezeichnet. Im Abstand a von O sind Spannungsplatten vom Durchmesser d an dem Wagebalken befestigt (im Schema im Schnitt gesehen). Sie sind von Schutzringen umgeben, welche mit den beweglichen Spannungsplatten in einer Ebene stehen und leitend mit ihnen verbunden sind. Im Abstand e von den beweglichen Spannungsplatten sind die festen Spannungsplatten aufgestellt. Zwischen festen und beweglichen Spannungsplatten besteht die Potentialdifferenz V . Im Abstand e von O sind am Wagebalken die beweglichen Stromspulen (kleine Spulen) befestigt, welche in die festen Stromspulen (große Spulen) tauchen. Die 4 Stromspulen werden in Serie von einem Gleichstrom I durchflossen. Das durch die beweglichen Spannungsplatten am Wagebalken hervorgerufene Drehmoment ist proportional dem Quadrat der angelegten Spannung V . Das Drehmoment der Stromspulen ist proportional dem Quadrat ihres Stromes I . Im Falle der Gleichheit der Spannungs- und Stromkraftmomente ist $V = \text{Konst.} \times I$. Die Konstante ergibt sich aus absoluten Größen, d. h. aus den Abmessungen des Instrumentes und aus einer Gewichtsbestimmung, so daß keine Spannungsseichung notwendig ist. Das den Strom I führende Amperemeter hat eine proportionale Kilovoltteilung.

Die Spannungs-Stromwage befindet sich in einem starkwandigen Bronzegefäß, das mit Stickstoff von 12 at Druck gefüllt ist. Auch die aus mehreren Elementen aufgebauten Porzellan-Einführungsisolatoren sind im Innern mit komprimiertem Stickstoff gefüllt. Stickstoff ist als Isoliermittel gewählt, da seine elektrische Durchschlagsfestigkeit sehr hoch ist. (240 kV/cm bei 12 at) und etwaige Überschlüge weder Verbrennungen der Metallteile noch Verschlechterung des Isoliermittels mit sich bringen.

Eine kleine Öffnung im Druckgehäuse, die mit einer dicken, planparallelen Scheibe abgeschlossen ist, läßt zwei Spiegel sehen. Der eine dieser Spiegel ist am beweglichen Teil der Strom-Spannungswage befestigt, der andere am festen Teil. Beide stehen unmittelbar übereinander, nur getrennt durch einen ganz feinen Spalt

Astronomische Mitteilungen.

Eins der interessantesten **Doppelsternsysteme** sehr kurzer Periode ist τ Cygni. Die beiden visuellen Komponenten (3^m , 8 und 8^m) bilden ein System mit 47 Jahren Umlaufzeit. Die große Halbachse der Bahn beträgt $0,9''$. Die Radialgeschwindigkeit der helleren Komponente unterliegt nach den spektrographischen Aufnahmen der Yerkes-Sternwarte, die *Paraskevopoulos* bearbeitet hat (Astrophys. Journ. 53, 144, 1921), Schwankungen von nur $3^h 25,4^m$ Periode. Nach der gewöhnlichen Auffassung würde also der Hauptstern des visuellen Systems τ Cygni seinerseits aus einem sehr engen spektroskopischen System mit nur $3^h 25,4^m$ Umlaufzeit bestehen. Im Spektrum ist nur die hellere Komponente dieses spektroskopischen Systems sichtbar, die spektroskopischen Bahnelemente beziehen sich also auf diese. Sie sind: Umlaufzeit $P = 0,14265^d$, Exzentrizität der Bahn 0,306, Abstand ω des Periastrons vom aufsteigenden Knoten $263,0^\circ$, Projektion der großen Halbachse der Bahn auf den Visionsradius $a \sin i = 14\,924$ km, halber Umfang der Radialgeschwindigkeitsschwankung $8,0$ km/sek, Radialgeschwindigkeit des Schwerpunktes des spektroskopischen Systems zur Zeit der Beobachtungen $-22,0$ km/sek, Zeit des Durchgangs durch das Periastron 1920 Juli 16,641 mittl. Zeit Greenwich.

Das System ist ganz von derselben Art wie die bereits bekannten Systeme sehr kurzer Periode, von denen β Cephei ($P = 0,190^d$) und 12 Lacertae ($P = 0,193^d$) genannt seien. Spektroskopisch noch wenig oder gar nicht untersucht sind u. a. die beiden Fälle g Ursae majoris ($P = 0,155^d$) und XX Cygni ($P = 0,135^d$). Letzterer ist kurzperiodischer δ Cephei-Veränderlicher mit einer Helligkeitsschwankung von $\frac{3}{4}$ Größenklassen. Von den andern sind g Ursae majoris, β Cephei und 12 Lacertae lichtelektrisch untersucht worden. Die beiden letzteren zeigen Helligkeitsschwankungen mit der spektroskopischen Periode und von ähnlichem Charakter wie XX Cygni, nur von weit geringerem Umfang. Der erste, g Ursae, ist mindestens zeitweise nicht merklich veränderlich. Auf Anregung des Direktors der Yerkes-Sternwarte wurde auch τ Cygni in Babelsberg im vorigen Herbst lichtelektrisch untersucht, jedoch praktisch nicht (d. h. nicht über 1%), jedenfalls nicht periodisch veränderlich gefunden. Bei 12 Lacertae ist der Umfang der Radialgeschwindigkeitsschwankung unregelmäßig veränderlich, ebenso der Umfang und der Verlauf der Helligkeitsschwankung. Zum mindesten das letztere ist auch bei β Cephei der Fall. Ebenso ist die Lichtkurve von XX Cygni, wie wahrscheinlich aller kurzperiodischen δ -Cephei-Sterne, ziemlich stark und von einem Umlauf zum andern veränderlich. Der Umfang der Radialgeschwindigkeitsschwankung und die Exzentrizität der Bahn sind in diesen Fällen nicht erkennbar bestimmend für den Umfang des Lichtwechsels.

Diese kurzperiodischen Systeme sind sehr rätselhaft, denn leicht anzustellende Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen über die Dichten ihrer Komponenten zeigen, daß in ihnen der Abstand der Mittelpunkte von Begleiter und Hauptstern kleiner sein muß als die Summe ihrer Radien. Das gilt bereits für die mittleren Abstände, um so mehr für die Periastronabstände, wenn die Bahnexzentrizität merklich ist. Für die Dichten der B- und A-Sterne (I. Spektraltypus), die hier hauptsächlich in Betracht kommen, wird auf Grund sehr spärlichen Tatsachenmaterials die Größenordnung 0,1 Sonnendichte als wahrscheinlich angenommen. Die Hauptkomponente von τ Cygni hat ein

Spektrum F (I.—II. Spektraltypus), sie würde demnach, da ihre absolute Helligkeit groß ist, zur Riesenserie gehören und eine noch geringere Dichte haben, während selbst eine so große Dichte wie die der Sonne nicht ausreicht, die angedeutete Schwierigkeit zu beseitigen. Nun sind aber in den letzten Jahren erhebliche Zweifel an der Allgemeingültigkeit des bisher angenommenen eindeutigen Zusammenhangs zwischen dem Spektraltypus und der effektiven Temperatur und weiter der Oberflächenhelligkeit usw. entstanden (vgl. *Bernevit*, Astron. Nachr. 5089). Es bleibt daher die Möglichkeit bestehen, daß weit größere Dichten als Sonnendichte auch in solchen Fällen vorhanden sein könnten, in denen sie jetzt noch als sehr unwahrscheinlich gehalten werden. Dann würde aber die der Doppelsterninterpretation entgegenstehende Schwierigkeiten behoben sein. — Nimmt man keine getrennten Komponenten an, sondern einen einzelnen birnenförmigen Stern, ein im Entstehen begriffenes Doppelsternsystem, so ist wiederum die meist normale Definition der Spektrallinien schwer zu begreifen. Bei so kurzen Rotationszeiten müßten die Linien äußerst unscharf und breit sein, ganz gleich, ob die Komponenten getrennt oder noch teilweise zusammenhängend sind. Von den obigen Fällen zeigt aber nur g Ursae majoris ungewöhnlich breite und verwaschene Linien. Nimmt man dagegen einen einzelnen pulsierenden Stern an, so kann man zwar Periode und Charakter der Radialgeschwindigkeits- und Helligkeitsschwankungen in den genannten Fällen erklären, aber es bleibt dann vorläufig unverständlich, daß die Pulsationen in einem Falle mit Strahlungsschwankungen verknüpft sind, im anderen Falle dagegen nicht. Auch hier erheben sich aus der Frage der Dichte, mit der die Schwingungsdauer der Pulsation verknüpft ist, noch andere ernste Schwierigkeiten.

Eine weitere, an den vorliegenden Sternen noch nicht näher geprüfte Möglichkeit, die in anderen Fällen, wie φ Persei, σ Persei, Boss 46, wenigstens bezüglich der Helligkeitsschwankungen sich als Tatsache erwiesen hat, besteht darin, daß die beobachtete Periode der Radialgeschwindigkeitsschwankungen bzw. des Lichtwechsels gar nicht die wahre Umlaufzeit bzw. Rotationszeit der helleren Komponente ist, sondern der n -te Teil derselben, wobei n eine kleine ganze Zahl bedeutet. Wendet man dies auf die kurzperiodischen Systeme an, so würden die Radialgeschwindigkeitsschwankungen im wesentlichen nicht von einer Bahnbewegung herrühren, sondern von mehr oder weniger beständigen Strömungen in der Atmosphäre der (rotierenden) Hauptkomponente, die ihrerseits auf die Einwirkung eines kleinen nahen Satelliten zurückgeführt werden könnten. Diese Strömungen ständen dann in engem Zusammenhang mit der Helligkeitsverteilung auf der Oberfläche des Sternes: aufsteigende Strömungen über den hellen, absteigende über den dunkleren Oberflächengebieten. Anzeichen solcher Strömungen, die die beobachtete Radialgeschwindigkeit ernstlich beeinflussen können, sind seit langem in manchen Fällen bekannt, insbesondere auch gerade bei einigen δ Cephei-Veränderlichen.

Eine der charakteristischsten Eigenschaften der δ Cephei-Veränderlichen ist die ungleiche Verteilung der Werte von ω (Abstand des Periastrons vom aufsteigenden Knoten) über die vier Quadranten. Bei den meisten δ Cephei-Sternen liegt ω im ersten oder im Anfang des zweiten Quadranten mit deutlicher Anhäufung um den Wert 90° . Unter 15 genauer unter-

suchten Fällen sind nur drei davon abweichende ($\omega = 346^\circ, 338^\circ$ und 225°). Andererseits sind mehrere spektroskopische Doppelsterne bekannt, die die als wesentlich angesehenen Eigenschaften der δ Cephei-Sterne besitzen mit der alleinigen Ausnahme, daß bei ihnen ω nahe bei 270° liegt. Von diesen ist bis jetzt noch keiner nach δ Cephei-Art veränderlich gefunden worden. Es ist daher bemerkenswert, daß auch bei τ Cygni ω in der Nähe von 270° liegt. Nach der von Hagen (Astron. Nachr. 4995 u. a.) aufgestellten Eruptionstheorie der δ Cephei-Sterne, einer Doppelsterntheorie, sind die Chancen der Entstehung eines für uns leicht erkennbaren Lichtwechsels am größten für $\omega = 90^\circ$. Leider kann dieser Umstand nicht zur Stütze dieser Theorie der δ Cephei-Sterne benutzt werden, da er auch aus anderen Theorien abgeleitet werden kann.

Die ungewöhnlichen Kleinheit der Massenfunktion f ,

$$f(m_1, m_2) = \frac{m_2^3 \sin^3 i}{(m_1 + m_2)^2}$$
 war bisher als eine wesentliche Eigenschaft der δ Cephei-Sterne betrachtet worden. Kürzlich ist nun von Duncan (Astrophys. Journ. 53, 95, 1921) bei einem sonst normalen δ Cephei-Stern, X Cygni, eine Massenfunktion festgestellt worden, die etwa das Zehnfache des Durchschnitts der übrigen beträgt, nämlich $0,034 \odot$. Werte von dieser Größenordnung sind unter den gewöhnlichen spektroskopischen Doppelsternen, darunter auch solchen, deren Doppelsternnatur nicht bezweifelt werden kann, nicht selten. Für Algol z. B. beträgt die Massenfunktion $0,021 \odot$.

Eine eingehende Studie des Lichtwechsels von Algol auf Grund lichtelektrischer Messungen von 1919 bis 1920 veröffentlicht Stebbins im Astrophys. Journ. 53, 105, 1921. Bereits vor 10 Jahren hatte Stebbins den Lichtwechsel dieses Bedeckungsveränderlichen mittels einer Selenzelle genau erforscht und bei dieser Gelegenheit die schon von Pfaffmann und von Müller vermutete Existenz des zweiten Minimums (von der Bedeckung der schwächeren Komponenten durch die hellere herrührend) endgültig nachgewiesen. Der Lichtwechsel wurde lichtelektrisch (Kaliumzelle?) in sehr naher Übereinstimmung mit der gelb-rot-empfindlichen Selenzelle gefunden. Kleine systematische Unterschiede deuten darauf hin, daß die schwächere Komponente merklich gelber ist als die weiße hellere, deren Spektrum B 8 (vorgeschrittener Heliumtypus) ist. Eine allerdings sehr unsichere Abschätzung des Spektrums der schwächeren Komponente ergibt G 0 (Sonnentypus). Die Lichtkurve ist keine reine Bedeckungskurve; über den Bedeckungslichtwechsel sind noch schwache Effekte gelagert, die teils von leichter Elliptizität der Komponenten, teils von der intensiven Bestrahlung der schwachen Komponente durch die helle herrühren. — In dem System ist außerdem spektroskopisch noch eine dritte Komponente nachgewiesen, die das enge System (Umlaufzeit $2,867^d$) in 1,9 Jahren umkreist. Die lichtelektrisch erhaltene scheinbare Lichtkurve von Algol hat ein Hauptminimum von $9,66^m$ Dauer und $1,200^m$ Tiefe, ein Nebenminimum von derselben Dauer und $0,043^m$ Tiefe. Der gesamte Lichtwechsel beträgt $1,231^m$. Selenphotometrisch hatte sich ergeben bzw. $9,80^m$, $1,196^m$, $0,061^m$ und $1,242^m$. Die Exzentrizität der Bahn des engen Systems kann nach den photometrischen Beobachtungen nur sehr klein sein. — Die aus den lichtelektrischen Messungen abgeleitete Lichtkurve führte zu folgenden Systemkonstanten: Radius der helleren Komponente in Einheiten des Bahnradius $0,207$, Radius der schwächeren Kompo-

nente $0,244$, Licht der helleren Komponente in Einheiten des Gesamtlichtes des Systems $0,925$, Licht der helleren Seite der schwächeren Komponente $0,075$, ihrer dunkleren Seite $0,045$, Verhältnis der Flächenhelligkeiten der helleren Seiten der beiden Komponenten $0,059$, Elliptizität des Meridianschnittes der Komponenten $0,166$ (β Lyrae z. B. $0,59$), Neigung der Bahnebene gegen die Sphäre $81,84^\circ$, Achsenverhältnis der als dreiachsige, einander ähnliche Ellipsoide betrachteten Komponenten $1:0,987:0,978$ (Rotationsachse), Durchschnitt der Dichten der beiden Komponenten $0,07$ (Sonnendichte = 1), Albedo (Reflexionsfähigkeit) der schwächeren Komponente $0,7$ (Lambertsches Gesetz) oder $1,0$ (Seeligersches Gesetz). — Die dritte Komponente beeinflusst die Systemkonstanten in noch nicht angebbarer Weise. Daß ihr Licht vielleicht nicht ganz unmerklich ist, scheint daraus hervorzugehen, daß während des Hauptminimums (der Bedeckung der hellen Komponente des engen Systems durch die schwache) im Spektrum von Algol neue Linien auftreten, die nach der ganzen Sachlage wohl von der dritten Komponente herrühren könnten, wie Stebbins anzunehmen geneigt ist. Hier bietet sich für die Zukunft die Möglichkeit der Bestimmung der wirklichen Massen der Komponenten des Systems. Nimmt man mit Stebbins das Licht der dritten Komponente zu $0,10$ des Gesamtlichtes des Systems an, dann wird das Verhältnis der Radien der beiden Komponenten des engen Systems $0,78$ statt $0,85$. Es ist ferner bemerkenswert, daß die sehr gute theoretische Darstellung der beobachteten Lichtkurve ohne die Annahme einer merklichen Randverdunkelung (Abnahme der Flächenhelligkeit nach dem Rande der sichtbaren Hemisphären der Komponenten, ähnlich wie bei der Sonne) erzielt werden konnte.

Wird die Parallaxe Algols nach direkten neueren Bestimmungen zu $0'',032$ angenommen, so ist das Gesamtlicht des Systems rund 100mal größer¹⁾ als das der Sonne. Mit der Kenntnis des Massenverhältnisses $m_1:m_2$ der beiden Komponenten des engen Systems würde man die wahre Dimension der Bahn und damit die Radien der Komponenten, also auch ihre Flächenhelligkeiten erhalten. Ein Überschlag mit $m_1 = 2 \odot$, $m_2 = 0,5 \odot$ ergibt, daß die Flächenhelligkeit der schwächeren Komponente von der Ordnung derjenigen der Sonne sein dürfte.

Über die verwickelten Schwankungen der Periode des Lichtwechsels von Algol, die seit Argand's Zeiten Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen sind, konnte die vorliegende Studie keine wesentlich neuen Aufschlüsse liefern. Diese Schwankungen rühren sehr wahrscheinlich hauptsächlich von den Gravitationswirkungen der dritten Komponente her. Eine eingehendere Betrachtung dieser Frage von Hellerich findet sich in Astr. Nachr. 5007.

Von den bei den lichtelektrischen Messungen benutzten drei Vergleichsternen wurde einer, δ Persei, um $0,04^m$ oder $0,05^m$ veränderlich gefunden. Dies bestätigt die gelegentlichen lichtelektrischen Messungen des Sternes in Babelsberg 1913–14, die ebenfalls Veränderlichkeit ergeben hatten (Veröff. Berlin-Babelsberg. Bd. II, Heft 3, 1918). Der Lichtwechsel hat wahrscheinlich Bedeckungscharakter. Guthnick.

¹⁾ In der Abhandlung von Stebbins steht 200, was ebenso wie die daraus gezogene Folgerung auf einem Versehen beruhen muß.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 22. (Seite 423—438)

3. Juni 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Radioaktivität und Atomkonstitution. Von *Lise Meitner, Berlin-Dahlem*. S. 423.

Bericht über ein Gehörorgan bei Singzikaden. Von *R. Vogel, Tübingen*. (Mit 3 Abbildungen.) S. 427.

Zuschriften an die Herausgeber:

Die Mordlust der Kohlmeise (*Parus major* L.) im Lichte der Biologie. Von *Fritz Braun, Danzig-Langfuhr*. S. 431.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die Bedeutung der Funkentelegraphie für die Geographie, insbesondere die Kartographie.

Juan-Fernandez-Inseln. Bevölkerungsrückgang in Nordfrankreich und dessen geographische Begleiterscheinungen. S. 432.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 435-437. Geometrie und Erfahrung. Die Schneehäufigkeit in Deutschland. Ueber die in der Deutschen Seewarte in Hamburg benutzte deutsche Gezeitenrechenmaschine. (Mit 1 Abbildung.) Lokomotive mit Turbinenantrieb. Ueber die Isotopen des Chlors.

Astronomische Mitteilungen. S. 437—438.

Die Tätigkeit der Mount-Wilson-Sternwarte.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Valenzkräfte und Röntgenspektren

Zwei Aufsätze über das Elektronengebäude des Atoms

Von

Dr. W. Kossel

o. Professor an der Universität Kiel

Mit 11 Abbildungen

Preis M. 12.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 99, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10% 20% 30% 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.
Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Die Naturwissenschaften 1920

Heft 1—13 einschließlich
zu kaufen gesucht.

Angebote an

Dipl.-Ing. W. Niemann, Hard b. Bregenz.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatteln, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Geometrie und Erfahrung

Erweiterte Fassung des Festvortrages gehalten an der preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 27. Januar 1921

von

Albert Einstein

Mit 2 Textabbildungen

Preis M. 6.80

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

3. Juni 1921.

Heft 22.

Radioaktivität und Atomkonstitution.

Von Lise Meitner, Berlin-Dahlem.

In den ersten Jahren nach der Entdeckung der radioaktiven Substanzen zog zwar die Neuartigkeit der Erscheinungen das allgemeine Interesse auf sich, aber die Radioaktivität blieb zunächst ein Spezialgebiet, dessen Ergebnisse auf die allgemeine Entwicklung der Physik und Chemie keinen maßgebenden Einfluß nahmen. Das hat sich indes wesentlich geändert, seitdem einerseits durch die Aufstellung der sog. *Verschiebungssätze* sämtliche bekannten radioaktiven Substanzen in das periodische System der Elemente eingereiht und die Existenz isotoper Elemente nachgewiesen werden konnte, andererseits durch das *Rutherford-Bohrsche Atommodell* die Erforschung des Atominnern in einer Weise gefördert worden ist, wie man es noch vor wenigen Jahren nicht zu hoffen gewagt hätte.

Im folgenden sollen diese allgemeineren Erkenntnisse, zu denen man durch rein radioaktive Vorgänge geführt wurde, etwas eingehender behandelt werden. Zu deren Verständnis muß zunächst das Wesen der radioaktiven Prozesse kurz erläutert werden.

Wir nennen ein Element radioaktiv, wenn es die Eigenschaft besitzt, sich unter Strahlensendung spontan in ein anderes, d. h. chemisch von ihm verschiedenes Element zu verwandeln. Die den radioaktiven Zerfall begleitende Strahlung besteht entweder aus den doppelt positiv geladenen α -Teilchen, die mit den Heliumkernen identisch sind, oder aus β -Teilchen, die schnell bewegte negative Elektronen darstellen. Im ersteren Fall spricht man von einer α -Strahlung, im letzteren Fall von einer β -Strahlung. Der Ausdruck Strahlung ist eigentlich unrichtig, denn in Wirklichkeit sind die α - und β -Strahlen korpuskulare Teilchen und die radioaktive Umwandlung besteht in dem Zerfall des betreffenden Atoms in ein α - bzw. β -Teilchen und in das um dieses Teilchen verminderte Restatom, das neu entstandene Atom. Dieses kann selbst wieder radioaktiv sein, also unter Abspaltung eines α - oder β -Teilchens in ein drittes Atom zerfallen und so fort. Der Prozeß wird erst ein Ende nehmen, wenn das neu entstandene Atom nicht radioaktiv ist. Man erhält auf diese Weise eine Reihe sich ineinander umwandelnder Atome, das letzte stabile Atom stellt das Endprodukt der Reihe dar. — Wir kennen im ganzen zwei solcher Reihen, in die sich sämtliche radioaktiven Substanzen in genetischer Abhängigkeit voneinander einreihen

lassen, nämlich die Uranreihe und die Thoriumreihe. Die dritte radioaktive Reihe, die Aktiniumreihe, ist ein Seitenzweig der Uranreihe. Die Uranreihe nimmt ihren Ausgang vom Uranatom, das über einige Zwischenstufen das Radiumatom bildet, und aus diesem entsteht über mehrere Umwandlungsstufen hinweg als stabiles Endprodukt das Bleiatom. Die Thoriumreihe beginnt mit dem Thorium und führt schließlich auch zum Endprodukt Blei. Zur Veranschaulichung seien hier die Anfangsglieder der Uran-Radiumreihe angeschrieben. Die beigetzten Zeichen α und β zeigen an, welche Strahlenart den Zerfall begleitet.



Die Erkenntnis, daß ein Element oder richtiger ein Atom sich spontan in ein anderes Atom umwandeln könne, war begreiflicherweise von sehr großer Tragweite. Das Atom sollte ja ursprünglich ein einheitliches, nicht weiter teilbares Gebilde darstellen. Zwar hatte man schon früher darauf hingewiesen, daß es sehr schwer verständlich sei, daß ein einheitliches Gebilde wie etwa das Eisenatom, ein optisches Spektrum von mehr als 4000 Linien besitzen könne; aber der entscheidende Stoß gegen den Begriff des einheitlichen, unteilbaren Atoms wurde doch erst durch die Tatsachen des radioaktiven Zerfalls geführt. Ein genaueres Studium der den radioaktiven Zerfall beherrschenden Gesetzmäßigkeiten führte dann zu weiteren Erkenntnissen. Es ist oben schon erwähnt worden, daß ein α -Strahl nichts anderes darstellt als ein zweifach positiv geladenes Heliumteilchen, ein β -Strahl ein einfach negativ geladenes Elektron, wobei als Einheit der Ladung die Ladung des Wasserstoffions zugrunde gelegt ist. Da das Helium das Atomgewicht 4 hat, muß ein Atom, dessen Umwandlung von einer α -Strahlung begleitet ist, zu einem um 4 Einheiten leichteren Atom führen, während eine unter β -Strahlung vor sich gehende Umwandlung keine merkbare Massenänderung bedingt, da die Masse eines Elektrons rund $\frac{1}{2000}$ von der Masse des Wasserstoffatoms beträgt. Trotzdem fand man, daß solche massengleiche Elemente, von denen das eine durch β -Strahlenumwandlung aus dem anderen entstand, sich chemisch ganz verschieden verhielten. Andererseits zeigte es sich, daß radioaktive Elemente, die nach ihrer Entstehungsart unbedingt verschiedene Atomgewichte besitzen müssen, sich chemisch absolut identisch erwiesen, so daß sie, einmal vermengt, in keiner Weise voneinander getrennt wer-

den konnten. Das Prinzip, das die Erklärung für diese Erscheinungen brachte und das gleichzeitig erkennen ließ, daß die Reihenfolge der Elemente in den Umwandlungsreihen keine zufällige ist, sondern eng mit ihrer Stellung im periodischen System verknüpft ist, findet seinen Ausdruck in den sog. *Verschiebungssätzen*.

Diese besagen: Bei einer α -Umwandlung entsteht ein Element, das im periodischen System seinen Platz in derselben Horizontalreihe hat wie sein Mutterelement, aber gegenüber diesem um zwei Gruppen weiter nach links verschoben ist. Eine β -Umwandlung dagegen bedingt eine Verschiebung um eine Gruppe nach rechts.

Die Richtigkeit dieser beiden Sätze konnte ausnahmslos bestätigt werden. Sie ließen auch erkennen, daß das Atomgewicht einer Substanz nicht unbedingt maßgebend für ihren chemischen Charakter sein könne. Denn es ist ja klar, daß eine α -Umwandlung, an die sich zwei hintereinander erfolgende β -Umwandlungen anschließen, zu einem mit dem Ausgangselement chemisch identischen Element führen müssen, obwohl dieses wegen des ausgesendeten α -, also Heliumteilchens, ein um 4 Einheiten kleineres Atomgewicht besitzen muß. Man gelangte so zum Begriff der *isotopen Elemente*, d. h. solcher Elemente, die bei verschiedenem Atomgewicht doch an denselben Platz des periodischen Systems gehören, also chemisch identisch sind. Damit war mit einem Schlage erklärlich, daß gewisse radioaktive Substanzen verschiedenen Atomgewichts, wie Radium und Mesothor oder Radioblei und gewöhnliches Blei, allen Trennungsversuchen widerstanden hatten. Sie sind eben Isotope. Ebenso wird es selbstverständlich, daß zwei Elemente, von denen das eine durch β -Umwandlung aus dem andern hervorgeht, trotz ihres gleichen Atomgewichts sich chemisch ganz verschieden verhalten, denn sie gehören verschiedenen Gruppen des periodischen Systems an.

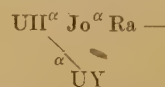
Die Aufstellung der Verschiebungssätze ermöglichte sofort die Einreihung sämtlicher radioaktiver Elemente in das periodische System. Der chemische Charakter des Urans und des Thoriums war ja seit langem bekannt und da man auch die Art der ausgesendeten Strahlung kannte, brauchte man nur die Verschiebungssätze anzuwenden, um die aufeinanderfolgenden Zerfallsprodukte chemisch zu identifizieren. Beispielsweise steht das Uran im periodischen System in der 6. Gruppe der VI. Periode. Es sendet α -Strahlen aus, folglich muß das gebildete UX_1 in die vierte Gruppe derselben Horizontalreihe gehören. An dieser Stelle steht das Thorium, das UX_1 ist also ein Isotop des Thoriums. Es zeigte sich ferner, daß manche radioaktiven Stoffe neue Elemente darstellen, deren Platz im periodischen System noch nicht von einem schon bekannten Element besetzt war. Mit anderen Worten, es wurden gewisse Lücken des periodischen Systems ausgefüllt. So bestätigte sich, daß das Radium

das bis dahin fehlende zweiwertige Element der VI. Periode, das höhere Homologe des Bariums sei, die Emanation das entsprechende Edelgas usw.

Aber die Fruchtbarkeit der Verschiebungssätze reichte noch weiter. Sie ließen erkennen, daß die seinerzeit bekannten radioaktiven Substanzen sich nicht lückenlos aneinanderschließen konnten, sondern daß noch gewisse Zwischenglieder fehlten, nach denen nunmehr systematisch gesucht werden konnte. Als Beispiel für diese Fälle sei die Muttersubstanz des Aktiniums gewählt.

Die Aktiniumreihe zeigt im wesentlichen ganz dieselbe Aufeinanderfolge von Umwandlungsprodukten wie die Uran- und Thoriumreihe. Ein grundlegender Unterschied besteht aber insofern, als das Aktinium mit seiner Halbwertszeit von rund 20 Jahren nicht Anfangsglied der Reihe sein kann. Vielmehr muß es, da es trotz seiner kurzen Lebensdauer noch vorhanden ist, ständig aus einem anderen Element, seiner Muttersubstanz, nachgebildet werden, und diese Muttersubstanz muß selbst entweder eine so lange Lebensdauer besitzen, wie etwa das Uran oder Thorium, oder aus einem langlebigen Element entstehen.

Da *alle* Uranmineralien und *nur* Uranmineralien Aktinium in einem zum Uran konstanten aber geringen Verhältnis enthalten, hatte man den Schluß gezogen, daß die Aktiniumreihe eine Seitenreihe der Uranreihe sei, und zwar konnte die Verzweigung in die zwei Reihen nur beim Uran I oder beim Uran II eintreten. Wir wollen nur die letztere Annahme betrachten. Da U_{II} ein α -strahlendes Element der 6. Gruppe ist, kann nach den Verschiebungssätzen nur ein vierwertiges mit dem Thorium isotopes Element aus ihm entstehen. Als solches ist einerseits das Ionium, die Muttersubstanz des Radiums bekannt; außerdem wurde aber noch ein zweites β -strahlendes Thorisotop von viel geringerer Intensität beobachtet, das UY . Das U_{II} zerfällt also zum größten Teil (97 %) in Ionium, zu einem geringeren Teil (3 %) in UY nach dem Schema



Es lag nahe, diese Abzweigungsstelle als die Entstehungsstelle der Aktiniumreihe anzusehen.

besonders da die Intensitätsverhältnisse $\frac{UY}{U}$ und $\frac{Ac}{U}$ gut übereinstimmen. Gleichwohl blieb die Frage lange offen, wo das Aktinium einzureihen sei, d. h. welches Element seine direkte Muttersubstanz darstelle. Auch hier wiesen wieder die Verschiebungssätze auf den richtigen Weg, der schließlich zur Auffindung der gesuchten Substanz führte.

Das Aktinium ist ein höheres Homologes des Lanthans, gehört also in die dritte Gruppe des

periodischen Systems. Nach den Verschiebungssätzen kann es daher nur entweder aus einem zweiwertigen Element durch β -Umwandlung oder aus einem fünfwertigen Element durch α -Umwandlung entstehen. Da es sich zeigte, daß das einzige in Betracht kommende zweiwertige Element das Radium nicht die Muttersubstanz des Aktiniums sein könne, blieb nur die Möglichkeit eines fünfwertigen Mutterelementes, das ein höheres Homologes des Tantals sein mußte. Tatsächlich gelang es auch, diese Substanz aufzufinden, die als Protaktinium bezeichnet wurde. Es ist dies ein α -strahlendes Element von etwa 12 000 Jahren Halbwertszeit. Die Auffindung des Protaktiniums ermöglichte einen lückenlosen Anschluß der Aktiniumreihe an die Uranreihe. Aus dem β -strahlenden UY entsteht das fünfwertige Element Protaktinium. Das oben gegebene Schema lautet also vervollständigt:



Auf die Tatsache, daß ein Element nach zwei verschiedenen Seiten zerfallen kann; soll noch weiter unten zurückgekommen werden.

Wir haben gesehen, daß die Aussendung eines doppelt positiv geladenen Teilchens (α -Strahl) im periodischen System eine Verschiebung um zwei Gruppen nach links, die eines einfach negativ geladenen Teilchens (β -Strahl) eine Verschiebung um eine Gruppe nach rechts bedingt. Das zeigt, daß die dem Atom beim Zerfall entzogene elektrische Ladung eine maßgebende Rolle für die durch die Umwandlung hervorgerufene Änderung der chemischen Natur des Atoms spielt. Nach der heutigen Auffassung von der Konstitution des Atoms ist dies auch ganz selbstverständlich. Das Atom besteht aus dem positiv geladenen Kern, der in räumlich sehr kleinen Dimensionen (10^{-12} cm) die Gesamtmasse des Atoms enthält, und um diesen bewegen sich in geschlossenen Bahnen, deren äußerste der Größenordnung nach einen Durchmesser von 10^{-8} cm besitzt, ebenso viele negative Elektronen als der Kern positive Ladungen trägt. Dadurch erscheint das Atom nach außen hin als elektrisch neutrales Gebilde. Die positive Ladung des Kerns bestimmt die Stellenzahl des betreffenden Atoms im periodischen System. Der H-Kern trägt also die positive Ladung 1, He die Ladung 2, usw., Uran die Ladung 92. Jede Änderung der chemischen Natur eines Atoms muß durch eine Veränderung seines Kerns bedingt sein. Es ist nach dieser Vorstellung ohne weiteres klar, daß die α - und β -Strahlen aus dem Kern der Atome stammen müssen und daß beispielsweise ein Element von der Kernladungszahl 92 (Uran) durch α -Strahlen in ein Element der Kernladungszahl 90 (Thorium) übergehen muß usw.

Man kann aber aus den radioaktiven Zerfalls-

reihen noch etwas weitergehende Schlüsse über die Konstitution der Atomkerne ziehen.

Die Annahme, daß die Elemente höheren Atomgewichts sich aus Wasserstoffatomen aufbauen, ist schon in der bekannten Proutischen Hypothese ausgesprochen worden. (Die Stütze, die diese Annahme durch die Abspaltung von H aus N und den Nachweis, daß Abweichungen von der Ganzzahligkeit des Atomgewichts durch Gemische von Isotopen bedingt sind, erhalten hat, sei hier nur erwähnt.) Die radioaktiven Prozesse haben notwendigerweise zu der Folgerung geführt, daß die Kerne der komplizierten Atome jedenfalls auch Heliumkerne (α -Strahlen) und Elektronen (β -Strahlen) enthalten müssen. Zu der letzteren Annahme wird man auch noch durch die Tatsache geführt, daß mit steigender Ordnungszahl die Abweichung des Atomgewichtes von dem doppelten Betrage der Ordnungszahl immer größer wird. Man muß also annehmen, daß die Kerne der höheratomigen Elemente erstens aus einer Anzahl einfacherer Kerne bestehen, deren Anzahl durch die Kernladungszahl der betreffenden Elemente bestimmt wird; zweitens aus einer Anzahl durch Elektronen neutralisierter Kerne, die daher keinen Einfluß auf die Kernladungszahl haben und nur das raschere Ansteigen des Atomgewichtes mit sich bringen.

Unter gewissen Voraussetzungen kann man die Zahl der einen Elementenkerne aufbauenden einfacheren Bestandteile berechnen, und derartige Überlegungen sind von verschiedenen Seiten angestellt worden.

Die im folgenden durchgeführte Betrachtung geht von der Voraussetzung aus, daß die Heliumkerne den einzigen massentragenden Bestandteil derjenigen Elementenkerne bilden, deren Atomgewicht der Formel $4n$ entspricht. Ist das Atomgewicht durch die Formel $4n + 1$, $+ 2$ oder $+ 3$ bestimmt, so sind außer den Heliumkernen noch 1, 2 oder 3 H-Kerne vorhanden. Das Atomgewicht A irgendeines Elementes ist dann durch die Formel dargestellt: $A = 4n + p$ ($p = 0, 1, 2, 3$), wenn n die Gesamtzahl der vorhandenen Heliumkerne und p die der Wasserstoffkerne bedeutet. Besitzt dieses Element ferner die Ordnungszahl z und ist z eine gerade Zahl, so muß der Kern dieses Elementes sich zusammensetzen aus $z/2$ Heliumkernen mit freier Ladung, aus $(n - z/2)$ Heliumkernen, deren Ladung durch 2 $(n - z/2)$ Elektronen neutralisiert ist und aus p H-Kernen, deren Ladung durch p Elektronen kompensiert ist. Ist z ungerade, so kann entweder ein nicht neutralisierter H-Kern oder ein überschüssiges Elektron vorhanden sein. Die Tatsache, daß man in der Radioaktivität zwar eine Elektronenstrahlung (β -Strahlen), aber bisher niemals eine H-Strahlung beobachtet hat, spricht mehr für die letztere Wahrscheinlichkeit.

Da die vorstehenden Überlegungen in Zusammenhang mit den radioaktiven Zerfallsreihen

gebracht werden sollen, seien zur Vereinfachung folgende Bezeichnungen eingeführt. Die Heliumkerne mit freier Ladung seien mit dem Buchstaben α bezeichnet, die durch zwei Elektronen neutralisierten mit dem Buchstaben α' , die betreffenden Elektronen mit dem Buchstaben β . Also beispielsweise würde für den Kern des Urans, das das Atomgewicht $238 = 4 \times 59 + 2$ und die Ordnungszahl $z = 92$ besitzt, folgen, daß die Zahl N der ihn aufbauenden Bestandteile durch die Formel gegeben ist:

$$N = 46\alpha + 13(\alpha' + 2\beta) + 2H + 2e,$$

wobei H den Wasserstoffkern und e das denselben neutralisierende Elektron bedeuten. Wird nun ein nach der vorstehenden Formel aufgebaute Kern instabil, so kann der Zerfall entweder unter Aussendung von α -Strahlen oder von β -Strahlen vor sich gehen. Die α -Strahlung kann dabei wieder entweder aus dem elektrisch geladenen oder aus dem elektrisch neutralen Kernteil stammen, d. h. nach der obigen Bezeichnung ein α - oder α' -Teilchen sein.

Beginnt beispielsweise der Zerfall unter Aussendung eines α -Teilchens, so wird voraussichtlich eine Reihe von α -Umwandlungen aufeinanderfolgen können, bevor der elektrisch neutrale Teil des Kernes instabil wird, denn die Zahl der $(\alpha' + 2\beta)$ Teilchen ist viel kleiner als die Zahl der α -Teilchen, d. h. es wird ein ganzer Komplex von α -Teilchen durch ein neutralisiertes α' -Teilchen im Gleichgewicht gehalten.

Wird aber der neutrale Kernanteil, also ein $\alpha' + 2\beta$ -Teilchen instabil, so sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Es wird zuerst das α' -Teilchen emittiert. Dann werden die 2 β -Teilchen überschüssig und der einen α -Umwandlung werden mit großer Wahrscheinlichkeit 2 β -Umwandlungen folgen.

2. Es wird zuerst eines der beiden β -Teilchen emittiert. Dann wird dadurch sowohl das zugehörige α' -Teilchen als das zweite β -Teilchen instabil; es besteht also die Wahrscheinlichkeit

eine Verzweigung der Reihe in zwei Zweige eintreten, die sich nach zwei Umwandlungsstufen wieder vereinigen. Natürlich können je nach der speziellen Konstitution des betreffenden Atomkernes die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten der beiden Zweige verschieden groß sein, so daß ein größerer Teil der Atome sich über den einen Zweig umwandelt als über den anderen, oder überhaupt nur der eine Zweig zur Ausbildung kommt.

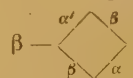
Schließlich kann noch gleichzeitig der elektrisch geladene und der elektrisch neutrale Kernanteil instabil werden, so daß sowohl eine gewisse Wahrscheinlichkeit für die Emission eines α -Teilchens als auch für die Emission eines α' -Teilchens oder β -Teilchens besteht. Auch in diesem Fall wird eine Verzweigung der Reihe eintreten, die beiden Zweige werden sich aber nicht notwendig nach zwei Umwandlungsstufen wieder schließen, sondern es können zwei selbständige Reihen zur Ausbildung gelangen.

Fassen wir die nach dem Vorstehenden zu erwartenden Umwandlungsschemata zusammen, so ergeben sich folgende möglichen Fälle:

1. Eine Reihe aufeinanderfolgender α -Umwandlungen: $\alpha - \alpha - \alpha \dots$

2. Eine α -Umwandlung, der 2 β -Umwandlungen folgen: $\alpha - \beta - \beta$.

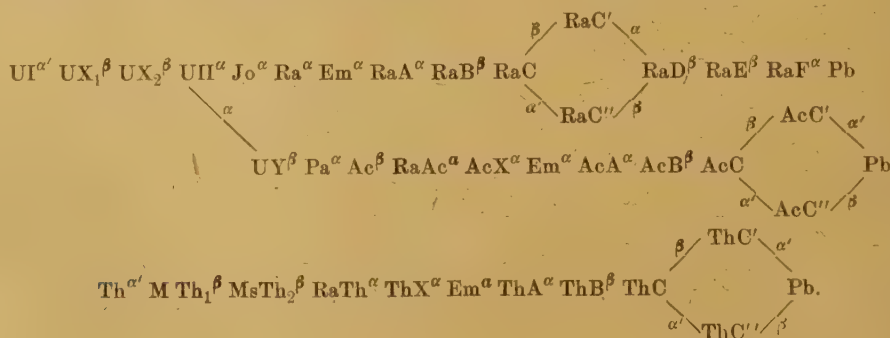
3. Eine β -Umwandlung, die zu einer Verzweigung führt, wobei nach 2 Umwandlungsstufen die Zweige sich wieder schließen:



4. Eine Verzweigung der Form $\begin{array}{c} \alpha \\ \diagdown \quad \diagup \\ \alpha' \end{array}$ oder $\begin{array}{c} \alpha' \\ \diagdown \quad \diagup \\ \alpha \end{array}$

die durch Spaltung in zwei selbständige Reihen führt.

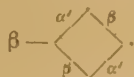
Im folgenden sind die drei radioaktiven Reihen angeschrieben, wobei die α -Strahlung, die aus dem elektrisch neutralen Teil stammen soll, mit α' bezeichnet ist.



für eine α -Umwandlung ebensowohl wie für eine β -Umwandlung. Ein Teil der Atome wird demnach unter Aussendung des α' -Teilchens in neue Atome übergehen, die ihrerseits unter Aussendung des zweiten β -Teilchens zerfallen, der übrige Teil der Atome wird erst eine β -Umwandlung und dann eine α -Umwandlung erleiden. Es wird also

Man sieht, daß die Umwandlungen der Uran- und der Thoriumreihe genau den angegebenen Zerfallsformen entsprechen. Der Zerfall wird eingeleitet durch ein Instabilwerden des neutralen Teiles entsprechend dem Schema $\alpha' - \beta - \beta$; dadurch wird der elektrisch freie Kernanteil instabil, es treten eine Reihe aufeinanderfolgender

α -Umwandlungen ein, die wieder die Stabilität des neutralen Teiles stören. Der Zerfall beginnt in diesem aber nun mit einer β -Strahlung und leitet daher eine Verzweigung ein nach dem Schema



Dabei sind die beiden Zweige in den beiden Reihen verschieden stark ausgebildet. In der Uran-Radium-Reihe unterliegen 99,97 % der Atome dem Zerfall $\beta-\beta-\alpha'$, während nur 0,03 % sich über den andern Zweig umwandeln. In der Thoriumreihe sind die Umwandlungen über die beiden Zweige von der gleichen Größenordnung, nämlich 65 % und 35 %.

Die Aktiniumreihe folgt vom Aktinium abwärts den gleichen Umwandlungsgesetzen, die Verzweigung tritt an der entsprechenden Stelle ein, nur ist hier hauptsächlich der Zweig $\beta-\alpha'-\beta$ ausgebildet.

Die Aktiniumreihe entsteht, wie schon erwähnt, durch Abzweigung aus der Uranreihe, und zwar ist als Abzweigungsstelle U II angenommen. Wie man sieht, tritt die Verzweigung nach

dem Schema $\begin{array}{c} \alpha \\ \diagdown \quad \diagup \\ \alpha \end{array}$ ein und führt tatsächlich zur

Ausbildung zweier selbständiger Reihen. Aber die dem UY folgenden Produkte entsprechen nicht ganz den dargelegten Zerfallsmöglichkeiten, denn dem β -strahlenden UY folgt zunächst das α -strahlende Protaktinium, und erst dieses führt wieder zu dem β -Strahler Aktinium. Würde dagegen die Abzweigung beim UI eintreten, so würde die Entstehung des UY nicht durch eine α' -Umwandlung, sondern durch eine α -Umwandlung bedingt sein und der weitere Verlauf dem Schema $\beta-\alpha'-\beta$ entsprechen, was mit dem oben Dargelegten wieder in Übereinstimmung wäre, indem eben von den beiden Zweigen $\beta-\alpha'-\beta$ und $\beta-\beta-\alpha'$ nur der erstere zur Ausbildung käme. Eine Entscheidung zwischen beiden Möglichkeiten wird sich treffen lassen, sobald eine Atomgewichtsbestimmung des Protaktiniums durchgeführt werden kann.

Es würde zu weit führen, alle sich aus den dargelegten Kernformeln ergebenden Folgerungen zu ziehen. Nur wenige seien kurz erwähnt. Beispielsweise wird es ohne weiteres verständlich, daß von zwei Isotopen, wie etwa UX₁ und Ionium oder Mesothor I und Radium das eine β -Strahlen und das andere α -Strahlen emittiert; denn UX₁ und Mesothor I enthalten je zwei überschüssige Elektronen, während dies bei Ionium und Radium nicht der Fall ist. Man wird auch von vornherein erwarten, daß diese Elektronen verhältnismäßig leicht abgegeben werden können und daß daher den β -Strahlen keine sehr lange Lebensdauer zukommt. Tatsächlich ist Aktinium mit seiner Halbwertszeit von rund 20 Jahren das β -strahlende Element längster Lebensdauer. Viel-

leicht hängt hiermit auch die größere Seltenheit der Elemente ungerader Ordnungszahl zusammen.

Die radioaktiven Erscheinungen haben, obwohl sie nur einer ganz kleinen Gruppe von Körpern eigen sind und ursprünglich nur mit verfeinerten Meßmethoden nachweisbar waren, zu wichtigen Erkenntnissen allgemeiner Bedeutung geführt. Man kann auch für die Zukunft von ihnen noch mancherlei Aufklärung über die Kernstruktur der Atome erwarten.

Bericht über ein Gehörorgan bei Singzikaden¹⁾.

Von R. Vogel, Tübingen.

Der „Gesang“ und der tonerzeugende Apparat der Singzikaden sind wiederholt Gegenstand wissenschaftlicher und populärwissenschaftlicher Abhandlungen gewesen. Von älteren Meistern der Insektenkunde haben sich *M. Malpighi* und der auf verschiedenen Gebieten der Naturwissenschaften hervorragende *R. Réaumur* mit jenem Thema befaßt, und die durch vortreffliche Abbildungen erläuterte Beschreibung des Letzteren gilt auch heute noch in den Grundlagen. Auf Grund der Beobachtungen *Réaumur*s und zahlreicher späteren Untersucher wissen wir, daß der Gesang der männlichen Singzikaden (nur diese produzieren bei den meisten Arten Töne, während die Weibchen in der Regel stumm sind und des tonerzeugenden Apparates entbehren) durch rhythmisches Ein- und Vorbuchten paariger an den Seiten des ersten Hinterleibsegmentes gelegenen großen, runden, elastischen Platten erzeugt wird. An diese Schallplatten oder Schallbecken (Fig. 2 *Sch. Pl.*), wie man besser statt der üblichen Bezeichnung „Trommelfell“ sagt, greifen vermittelt eigentümlicher Sehnen von innen her die divergierenden Enden eines mächtigen V-förmigen Muskels an, dessen Scheitel an einer medianen Chitinleiste des Sternums des ersten Abdominalsegmentes befestigt ist. Durch Kontraktion dieses Muskels wird die nach außen gewölbte Schallplatte eingebuchtet, bei Rückkehr des Muskels in die Ruhelage kehrt auch die Schallplatte infolge ihrer durch Chitinrippen bedingten Elastizität in die ursprüngliche Stellung zurück. Indem die Kontraktionen des Muskels rasch aufeinander folgen, wird ein kontinuierlicher „Gesang“ erzeugt, wie wir ihn grob nachahmen können, indem wir etwa den elastischen gewölbten Deckel einer Blechdose in rhythmischer Weise eindrücken. Verstärkt wird dieser „Gesang“ durch große, fast die ganze Leibeshöhle der Brust und des Hinterleibes ausfüllende, luftgefüllte Tracheenblasen, die als Resonatoren wirken. Der ganze Hinterleib ist von einer einzigen großen Tracheenblase derart ausgefüllt, daß für den Darm mit seinen Anhängen und für das Gefäßsystem nur ein ganz flacher dorsaler Raum, für

¹⁾ Die ausführliche Arbeit wird voraussichtlich in den Zool. Jahrbüchern, Abt. f. Anatomie, erscheinen.

die Geschlechtsdrüsen und ihre Anhänge nur ein kleiner Raum im Hinterleibsende übrig bleibt.

Das Vorhandensein eines so hoch differenzierten tonerzeugenden Apparates und das ganze biologische Verhalten der Tiere (insbesondere das mehrfach angegebene alternierende Singen einzelner Männchen, ferner das plötzliche Einsetzen und Aufhören des Gesanges bei großen Zikadenschwärmen u. a. m.) legt nun die Vermutung nahe, daß bei ihnen auch schallperzipierende Organe vorhanden sind, wie sie bei einer anderen Gruppe musizierender Insekten, den Heuschrecken und Grillen, bekanntlich in hoher Ausbildung vorkommen. Bisher ist indessen

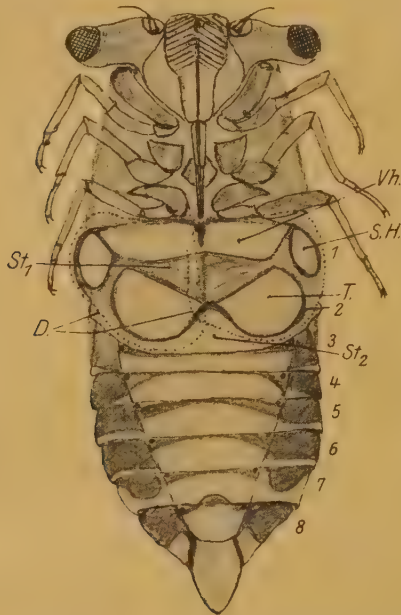


Fig. 1. Ventralansicht von *Cicada plebeia* (ohne Flügel). Vergr. ca. $2\times$. 1—8 Abdominalsegmente. D (punktiert) die beiden Deckel, welche die Trommelfelhöhle bedecken.

S.H. Schallplattenhöhle.

St₁, St₂ die Sterna des 1. u. 2. Abdominalsegmentes.

T Trommelfell (Tympanum, früher Spiegel- oder Iris-haut).

Vh Verbindungshäute zwischen 1. Abdominalsegment und 3. Thoraxsegment.

über ähnliche Einrichtungen bei den Singzikaden nichts Sicheres bekannt geworden, nicht einmal einfachere Chordotonalorgane, aus welchen jene höheren tympanalen Sinnesorgane der Orthopteren hervorgegangen sind, sind bei ihnen beschrieben worden. (Vgl. die Handbücher der Entomologie und die soeben erschienene 3. Lieferung [Sinnesorgane und Leuchtorgane] von O. Bütschli's Vergleichender Anatomie.) Schon seit längerer Zeit hatte ich die Absicht, Untersuchungen in angedeuteter Richtung vorzunehmen, sie scheiterte aber bislang wegen Mangels an gut konserviertem Material. Zu um so größerem Danke bin ich Herrn Professor F. Doflein verpflichtet, als er mir auf meine Bitte hin sein gut konserviertes, während

des Krieges auf dem Balkan gesammeltes Material zur Verfügung stellte (*Cicada plebeia*, *C. orni*, *Cicadetta coriacea*). Bezüglich des Angriffspunktes der Untersuchung war es nahelegend, an die beiden auf der Ventralseite der ersten beiden Abdominalsegmente gelegenen paarigen zarten Membranen zu denken. Diese beiden Paare von Membranen liegen in einer Art Höhlung, die normalerweise durch zwei hinter der Basis der Hinterbeine entspringende große Deckschuppen bedeckt wird (Fig. 1). Durch Hochheben der letzteren kann man die Membranen leicht zur Anschauung bringen. Von Anfang an konnte ich mich des Verdachtes nicht erwehren, daß die hinteren, zarteren, durchscheinenden Membranen, die in der Literatur unter dem Namen „Iris-haut“ oder „Spiegel“ (Fig. 1 T) be-

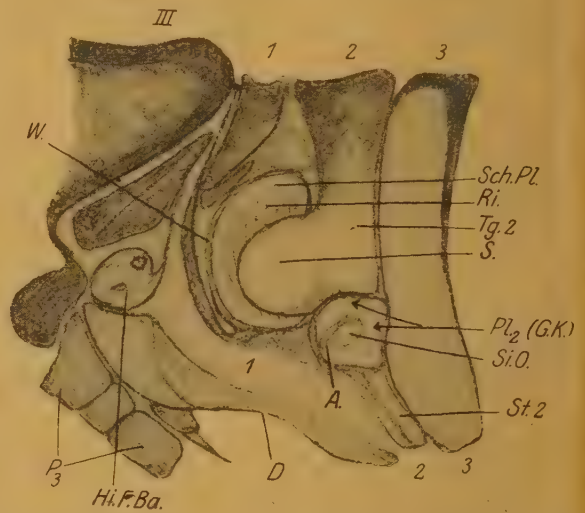


Fig. 2. Metathorax (III) und die ersten 3 Abdominalsegmente (1—3) von *Cicadetta coriacea* in seitlicher Ansicht. Vergr. ca. $8\times$.

D Deckschuppe der Trommelfelhöhle.

Hi, F, Ba Hinterflügelbasis.

P₃ 3. Beinpaar.

Si, O das durchscheinende tympanale Sinnesorgan, A seine äußere Anheftung.

Sch. Pl. Schallplatte, S deren Deckschuppe, Ri Rippen. Tg₂, Pl₂ (= GK), St₂ = Tergum, Pleura (= Gehörkapsel), Sternum des 2. Abdominalsegmentes.

W Ringwulst der Schallplatte.

schrieben und vielfach für eine Resonanzeinrichtung gehalten werden, in Wirklichkeit Trommelfelle eines akustischen Sinnesapparates sein möchten (die vorderen Membranen sind dicker, gelblich, nicht durchsichtig). Die Tatsache ferner, daß bei den Feldheuschrecken sich ein großes Trommelfell mit anliegendem tympanalen Sinnesapparat am ersten Hinterleibssegment befindet, daß ferner bei gewissen Schmetterlingen (Spannern und Zünslern) tympanale Sinnesorgane an der Ventralseite des ersten und zweiten Hinterleibssegmentes¹⁾ vorkommen (v. Kennel 1912), gaben

¹⁾ Vermutlich sind diese Organe den vor mir hier beschriebenen Organen der Cikaden homolog und auch in anderen Insektengruppen nachzuweisen.

einen Fingerzeig, wo die Untersuchung Erfolg versprechen konnte. Gleich die erste Schnittserie von einem Männchen der *C. orni* führte nun in dem vermuteten Bezirk zur Auffindung eines hochdifferenzierten tympanalen Sinnesorganes von bisher nicht gekanntem Reichtum an Sinneszellen. Das gleiche Ergebnis brachte die Untersuchung von *C. plebeia* und *Cicadetta coriacea*, so daß am allgemeinen Vorkommen des Organes bei Singzikaden nicht zu zweifeln ist.

Das etwa doppelkegelförmige Organ liegt jederseits etwas hinter dem ersten Abdominalstigma in

breiterer proximaler Abschnitt wird durch lange faserige Hypodermiszellen an einer kräftigen, schräg zum Organ orientierten Chitinleiste (crista acustica) befestigt, sein zugespitzter distaler Teil ist durch lange Faserzellen auf ähnliche Weise an einer rinnenförmigen Einsenkung der äußeren Kapselwandung befestigt. Die Gesamtlänge des Organs von Anheftung zu Anheftung beträgt bei der mittelgroßen Art *Cicadetta coriacea* etwa 1,6 mm, seine größte Dicke etwa 0,88 mm. In physiologischer Beziehung ist die proximale Anheftungsleiste (crista acustica)

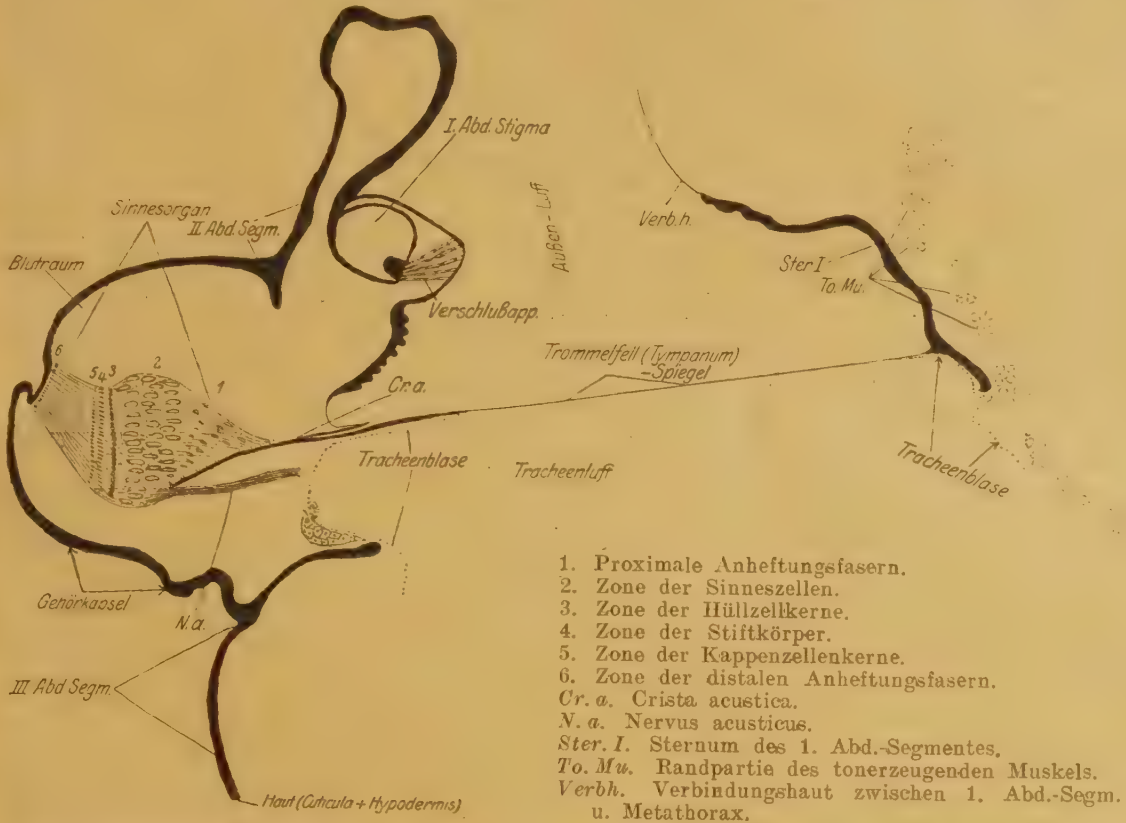


Fig. 3. Horizontalschnitt durch den linken tympanalen Sinnesapparat von *Cicadetta coriacea*, nach mehreren Schnitten kombiniert. Vergr. ca. 54 \times . 1-6 die verschiedenen Zonen des Sinnesorganes.

einer kapselartigen Hervorwölbung der Pleuren des zweiten Abdominalsegmentes. Dorsal von der Kapsel entspringt vom gleichen Segment eine nach vorn gerichtete Schuppe (Fig. 2 S), welche die Schallplatte bei den einzelnen Arten mehr oder weniger vollkommen bedeckt (Fig. 1 u. 2) (bei *Cicada plebeia* vollständig, die Schallplatte kommt dadurch in einer Höhle zu liegen). Wie Schnitte erkennen lassen, kommuniziert die ziemlich starkwandige, fast kugelige Kapsel durch eine mäßig weite innere, dem Durchtritt von Blut, Tracheen und des Organnerven dienende Öffnung mit der übrigen Leibeshöhle. In der Gehörkapsel, wie wir mit später zu erörternder Berechtigung das Gebilde bezeichnen wollen, liegt das Sinnesorgan in transversaler Richtung ausgespannt (s. Fig. 3). Sein

von besonderer Wichtigkeit. Sie ist, wie das Studium von Schnittserien ergab, nichts anderes als eine tiefe, spitzwinkelige, stärker chitinisierte, lamellenartige Einstülpung der lateralen Randpartie der erwähnten Spiegel oder Irishäute (s. Fig. 3). Diese Spiegel sind, wie erwähnt, auf der Ventralseite zwischen erstem und zweitem Abdominalsegment straff ausgespannte ovale, irisierende, äußerst zarte, durchscheinende Membranen. Ihr größter und kleinster Durchmesser mißt bei *C. plebeia* etwa 4 mm und 3 mm, ihre Dicke in der Mitte, wo sie am geringsten ist, weniger als 0,5 μ . Die geringe Dicke der Membran und das Vorhandensein einer Luftschicht an ihrer äußeren und inneren Oberfläche bedingen Interferenzfarben (Prinzip der „Dünnen Blättchen“), welche bei der einheimischen *Tibi-*

cina haematodes besonders schön sind. Die Membranen werden fensterartig von dicken Chitinwülsten eingefasst, die von den Sternen des ersten und zweiten Abdominalsegmentes gebildet werden. Da das Sternum des ersten Abdominalsegmentes etwas höher liegt als das des zweiten, so stehen die Spiegelebenen etwas nach hinten unten geneigt. Morphologisch stellen die Spiegel dem Gesagten zufolge nichts anderes als Intersegmentalhäute zwischen erstem und zweitem Abdominalsegment vor, wie bereits von *P. Mayer* angegeben. Physiologisch werden sie vielfach als Resonatoren gedeutet, obwohl bereits *C. Lepori* (1869) gezeigt hätte, daß durch ihre vollständige Zerstörung der Tonstärke nicht beeinflusst wird. Durch den von mir erbrachten Nachweis, daß die Spiegel durch die beschriebene *crista acustica* in direkter Verbindung mit dem Sinnesapparat stehen, muß ihre wahre Bedeutung darin zu suchen sein, daß sie wie die entsprechenden Bildungen der Orthopteren ein Trommelfell (Tympaum) bilden, dessen Schwingungen auf den Sinnesapparat übertragen werden. Es empfiehlt sich daher, die in Rede stehenden Membranen der Singzikaden fortan auch als *Trommelfell* oder *Tympaum* zu bezeichnen. Die Ähnlichkeit mit den entsprechenden Einrichtungen bei *Orthopteren* wird dadurch vervollständigt, daß sich hier wie dort eine große luftthaltige Tracheenblase der Innenseite des Trommelfelles anlegt. Bei den Singzikaden sind Trommelfell- und Tracheenblasenmembran in der Mitte des Trommelfelles vollkommen zu einer einheitlichen dünnen unter $0,5\ \mu$ dicken Chitinmembran verwachsen, in welcher sich kein Plasma und keine Kerne mehr nachweisen lassen. Trommelfelle von gleicher Struktur wurden neuerdings auch von *F. Eggers* (1919) und *J. v. Kennel* (1912) bei gewissen Schmetterlingen nachgewiesen. Es bedarf hier keiner weiteren Ausführung, daß durch das Vorhandensein von Luft ungefähr gleichen Druckes auf Innen- und Außenseite des Trommelfelles erst eine zweckdienliche Wirkung des letzteren möglich wird.

Nahe der proximalen Anheftung des Sinnesorgans an der *Crista* tritt der ansehnliche, ca. $55\ \mu$ dicke, aus dem Bauchmark des zugehörigen Segmentes entspringende Nerv an dieses heran. Außerordentlich klar und zahlreich treten die histologischen Elemente des Organs auf Schnitten zutage. Die Zahl der Sinneszellen beträgt bei der mittelgroßen *Cicadetta coriacea* nach einer Schätzung über 1500, eine für chordotonale und tympanale Sinnesapparate bisher unerhört hohe Zahl. Aus den Angaben *J. Schwabes* ersehe ich, daß die Zahl aller Sinneszellen der tibialen Sinnesorgane (*Crista acustica* + Zwischenorgan + Subgenualorgan) der *Locustiden* und *Grylliden* etwa 100 beträgt; bei den von *F. Eggers* kürzlich beschriebenen, am Thorax mancher Schmetterlinge (*Heterocera*) vorkommenden bitympanalen Sinnesorganen beträgt die Zahl der Sinneszellen gar nur konstant zwei, und bei den von *v. Kennel* am Abdomen der Geometriden und Zünsler gefundenen tympanalen Sinnesapparaten beträgt sie etwa 3–5. Die sehr dünnen distalen Fortsätze der Sinneszellen gehen schließlich in die für chordotonale und tympanale Organe äußerst charakteristischen, drehrunden Stiftkörperchen über. Diese besitzen bei *Cicadetta coriacea* und bei *Cicada orni* eine Länge von 22–30 μ und eine Dicke von 2,0–2,5 μ , in der Mitte sind sie zylindrisch, an beiden Enden zugespitzt. Sie stimmen also in Größe und Form etwa mit den Acridierstiften oder den Stiften des Subgenualorganes der *Locustiden* und *Grillen* überein. Auch im feineren Bau sind sie im Prinzip ähnlich gebaut wie diese, wenn sie auch wieder ihre hier nicht zu erörternden kleinen strukturellen Besonderheiten haben. Erwähnt sei noch, daß das distale Ende der Stifte in einen langen chitinartigen Faden ausgezogen ist, der sich mit Eisenhämatoxylin deutlich darstellen läßt. Zu jeder stiftführenden oder „skolopophoren“ (Skolops = Stift) Sinneszelle gehören der Lage und Form nach charakteristische Hilfszellen, welche die Sinneszellen einhüllen und ihre proximale und distale Anheftung an der Körperwand übernehmen. Die Hilfszellen bilden mit der Sinneszelle zusammen eine Einheit, die wir mit *Berlese* als „otarium“ bezeichnen können. Aus zahlreichen, in unserem Falle über 1500 solchen Otarien baut sich das gesamte Sinnesorgan auf. Die Größen- und Anordnungsverhältnisse der Zellen liegen bei dem Sinnesapparat der Singzikaden für die Untersuchung sehr günstig, und ich hoffe, einige bisher noch strittige histologische Punkte der Otarien am Gehörorgan der Singzikaden entscheiden zu können.

Die bisherigen Angaben bezogen sich nur auf männliche Tiere. Von großer Wichtigkeit zur Beurteilung der Organe ist nun die Frage: Besitzen auch die Weibchen, welche der tonerzeugenden Einrichtung entbehren, den gleichen akustischen Sinnesapparat wie die Männchen? Dies trifft in der Tat zu. Man findet, wovon ich mich bisher wegen Materialmangels freilich nur an Totalpräparaten überzeugen konnte, an den Pleuren des zweiten Abdominalsegmentes beim Weibchen die gleiche Kapsel und darin einen ähnlichen Apparat wie beim Männchen. Auch die Trommelfelle (Spiegel) sind vorhanden, nur kleiner als beim Männchen. Dies bestärkt mich noch mehr in der Annahme, daß wir es hier tatsächlich mit einem der Wahrnehmung von Schallwellen dienenden Organ zu tun haben und nicht mit Eigenbewegungen des Körpers registrierenden Apparaten, als welche die gewöhnlichen Chordotonalorgane wohl mit Recht betrachtet werden. Daß auch solche chordotonalen Sinnesorgane im Körper der Singzikaden vorkommen, war von vornherein nach allem, was wir über die Verbreitung dieser

Die bisherigen Angaben bezogen sich nur auf männliche Tiere. Von großer Wichtigkeit zur Beurteilung der Organe ist nun die Frage: Besitzen auch die Weibchen, welche der tonerzeugenden Einrichtung entbehren, den gleichen akustischen Sinnesapparat wie die Männchen? Dies trifft in der Tat zu. Man findet, wovon ich mich bisher wegen Materialmangels freilich nur an Totalpräparaten überzeugen konnte, an den Pleuren des zweiten Abdominalsegmentes beim Weibchen die gleiche Kapsel und darin einen ähnlichen Apparat wie beim Männchen. Auch die Trommelfelle (Spiegel) sind vorhanden, nur kleiner als beim Männchen. Dies bestärkt mich noch mehr in der Annahme, daß wir es hier tatsächlich mit einem der Wahrnehmung von Schallwellen dienenden Organ zu tun haben und nicht mit Eigenbewegungen des Körpers registrierenden Apparaten, als welche die gewöhnlichen Chordotonalorgane wohl mit Recht betrachtet werden. Daß auch solche chordotonalen Sinnesorgane im Körper der Singzikaden vorkommen, war von vornherein nach allem, was wir über die Verbreitung dieser

Organe wissen, zu erwarten. Ich selbst habe auch bereits bei den Singzikaden solche Organe in den drei Beinpaaren, und zwar in den Tibien, wo sie auch bei zahlreichen anderen Insekten nachgewiesen wurden, gefunden. Ferner fand ich ansehnliche paarige Chordotonalorgane auf der Grenze von Thorax und erstem Abdominalsegment. Weitere Forschungen werden zur Aufdeckung noch weiterer Chordotonalorgane führen. Die zuletzt erwähnten und in den Beinen gefundenen Organe stehen mit keinen trommelfellartigen Bildungen in Verbindung, sie dürften nach der heute herrschenden Annahme wohl zur Registrierung von Eigenbewegungen dienen.

Hoffentlich werden bald von Forschern, denen reichliches lebendes Singzikadenmaterial zur Verfügung steht (bei uns ist diese Gruppe nur durch wenige Arten, deren Individuenzahl bei uns stets gering bleibt, vertreten), Experimente angestellt werden, die uns in ähnlicher Weise wie die schönen Versuche *J. Regens* bei Orthopteren Aufklärung über den Zusammenhang zwischen dem „Gesang“ der Singzikaden und dem hier beschriebenen tympanalen Sinnesapparat bringen.

Schriftenverzeichnis.

- Lepori, C.*, Nuove ricerche anatomiche e fisiologiche sopra l'organo sonoro della cicale. *Bulletino della società entomologica italiana* I, 1869.
Mayer, P., Der Tonapparat der Cicaden, *Zeitschr. f. wiss. Zoologie* Bd. 28, 1877.
Prochnow, O., Die Lautapparate der Insekten, Guben 1907.
Réaumur, R., Mémoire pour servir à l'histoire naturelle des insectes, 6 Bde., Paris 1734—42: Bd. V, 1740.
Schwabe, J., Beiträge zur Morphologie und Histologie der tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren, *Zoologica* Bd. 20, 1906.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die Mordlust der Kohlmeise (*Parus major* L.) im Lichte der Biologie.

Dieser Tage hatte ich eines der merkwürdigsten Ergebnisse meines Tierpflegerdaseins. Als ich mittags aus Danzig nach Hause kam und meine gefiederten Hausgenossen mit Futter versorgen wollte, fiel mir auf, daß eine vor vier Monaten gefangene Kohlmeise, die zusammen mit einem Kleiber (*Sitta europaea homeyeri* Hart), einer Sumpfmeise (*Parus palustris* L.), einem Buchfink (*Fringilla coelebs* L.) und einem Bergfink (*Fringilla montifringilla* L.) denselben mittelgroßen Flugkäfig bewohnt, sich nicht so schlank trug wie sonst, dabei aber aufgeregt hin- und herflog und laut wetterte. Als ich den Käfig nun aufmerksam musterte, sah ich, daß mein Bergfink tot auf dem Boden lag und die Beine gen Himmel reckte. Bei genauerem Hinsehen erkannte ich, daß sein Schädel geöffnet und des Gehirns beraubt war. Ich hatte es also mit einem der typischen Vogelmorde der Kohlmeise zu tun. Mein Junge, der mir gefolgt war, richtete sogleich die Frage an mich: „Vater, wird die Kohlmeise leben bleiben? Sie macht sich ja so dick? Ob sie sich nicht mit dem Hirn des Bergfinken vergiftet hat?“ — Ich glaubte, ihn beruhigen zu dürfen, indem ich darauf hinwies, wie lebhaft sie zwischere und locke.

Natürlich brachte ich den Mörder sogleich in Einzelhaft unter und warf ihn in ein großes Flugbauer. Als ich seinen Käfig spät abends noch einmal mit der elektrischen Lampe ableuchtete, saß die Kohlmeise in

der mitten auf dem Boden stehenden Futterschale und schlief. Diese an und für sich ja sehr befremdliche Lage fiel mir weniger auf, weil frisch gefangene Meisen mangels eines allseitig geschlossenen Schlupfraumes nicht selten in so merkwürdiger Lage die Nacht verbringen. Am nächsten Morgen war der Vogel in derselben Stellung verstorben. Sein Kopf steckte noch — bei toten Vögeln eine Ausnahme — nach rückwärts gebogen im Nackengefieder. Ein Schlaganfall hatte dem Leben der Meise ein Ende gemacht.

Es versteht sich von selbst, daß mich dieses Erlebnis lebhaft beschäftigte und ich mir über die Vogelmorde der Kohlmeise allerlei Gedanken machte.

Am leichtesten finden sich damit jene Ornithologen ab, die diesen Trieb schlankweg leugnen, weil ihnen solche Missetaten nicht vorgekommen sind, obgleich sie doch wiederholt Kohlmeisen mit anderen Vögeln zusammenhielten. Von ihnen sagen wir nur mit *Mephisto*: „Daran erkenn' ich den gelehrten Herrn! Was Ihr nicht tastet, steht euch meilenfern“ und wenden uns den gegenteiligen Bekundungen und eigenen Erfahrungen zu.

Der erste, der uns ausführlich von diesem so merkwürdigen Triebe der Kohlmeise berichtete, ist der alte *Bechstein*. Er beschreibt ganz ausführlich die Art und Weise, wie sich die Meise mit gelüfteten Flügeln katzenartig schleichend ihrem Opfer nähert, um es plötzlich auf den Rücken zu werfen und durch Schnabelhiebe auf den Kopf zu betäuben und zu töten, damit sie nach vollbrachter Tat das Gehirn des Opfers als einen Leckerbissen verzehren kann. *Bechstein*, der selber ein sehr tüchtiger Vogelpfleger war, verdankte diese Beobachtungen augenscheinlich seinen gefangenen Vögeln.

In den Liebhaberzeitschriften fand ich nachher ganz widersprechende Behauptungen. Wer mit der Kohlmeise üble Erfahrungen gemacht hatte, verlästerte sie; die wiederum, denen das nicht widerfahren war, strafte jene Ankläger Lügen. Daß ich selber auch mit der Kohlmeise mannigfaltige Erfahrungen machte, konnte bei der großen Zahl meiner Pfleglinge nicht ausbleiben.

Den ersten Mordversuch erlaubte sich eine Kohlmeise, die in dem Zimmer frei umherflog, gegen ein Blaumeisen (*Parus coeruleus* L.), das sich in der gleichen Lage befand. Ich rettete das Opfer aus ihren Krallen, konnte aber zur Genüge feststellen, daß *Bechstein*s Schilderung seiner auch sonst wohlbewährten Beobachtungsgabe durchaus entsprach.

Hierauf vergingen Jahre, bis ich wieder üble Erfahrungen mit der Kohlmeise machte. In Konstantinopel fiel ihr ein Girlitz (*Serinus hortulanus* Koch) zum Opfer, den sie, als ich den Kadaver im Käfig beließ, beinahe skelettierte, so daß zuletzt nur noch das Knochengerüst mit den beschwingten Flügeln übrig war. Die dritte Mordtat war dann die eingangs geschilderte.

Wenn ich mir jetzt die Begleitumstände dieser Tat vergegenwärtige, gibt sie mir sehr viel zu denken, ja, ich glaube sogar, zu manchen ganz allgemein gültigen Aussagen berechtigt zu sein.

Zunächst möchte ich hervorheben, daß keiner der Mörder soeben erst gefangen war. In allen Fällen handelte es sich um Kohlmeisen, die schon längere Zeit in Gefangenschaft waren. Außerdem möchte ich keine von ihnen als durchaus gesund bezeichnen. Allesamt waren solche Vögel, die infolge der immerhin mangelhaften Gefangenenkost gesundheitlich etwas aus dem Gleichgewicht geraten waren. Keiner von ihnen hat seine Tat lange überlebt, und nur eine Art nervösen

Reizzustandes mag ihnen die Kraft gegeben haben, noch so kurz vor ihrem Tode einen solchen Energieaufwand zu bestreiten. Daß sie sich an dem Gehirn ihres Opfers vergiftet haben, ist natürlich ganz ausgeschlossen, doch mag diese hitzige Kost ihren schon vorhandenen Erregungszustand soweit gesteigert haben, daß der kataplektische Zustand eintrat, in dem sie verendeten.

Eigentümlich ist es, daß die Kohlmeise in dem Flugbauer sich nicht an der soviel schwächeren Sumpfmeise, sondern an dem kräftigen Bergfink vergriff. Ihre türkische Artgenossin, die sich auf den winzigen Girlitz stürzte, schien in der Hinsicht sehr viel logischer zu handeln. Vielleicht dürfen wir dazu in logische Beziehung setzen, daß die Kohlmeise als durchaus friedliches Mitglied der Gärten und Wälder durchstreifenden Meisenheere bezeichnet werden muß. Wollte sie die schwächeren Genossen dieser Meisenverbände mörderisch überfallen, so hätten sich die Meisenheere längst auflösen müssen. Der Mordanfall auf die Blaumeise kam s. Z. wohl nur deshalb zustande, weil dem mordlustigen Vogel andere Opfer nicht erreichbar waren.

Nicht unmöglich ist es, daß der zänkische Bergfink nach der Kohlmeise gebissen hat, so ihren Widerstand herausforderte und infolgedessen selbst Gegenstand des Angriffs wurde. Dafür könnte vielleicht der Umstand sprechen, daß ein anderer, durchaus gesunder Bergfink, den ich mit einer Anzahl von Vögeln, unter denen auch jene Kohlmeise war, im Postkistchen von Dt. Eylau nach Danzig schickte, dort tot ankam. Daß er in der Art dieser Vögel nach der Kohlmeise in dem engen Behälter gehackt hat, ist wohl anzunehmen. Sollte auch er derselben Meise zum Opfer gefallen sein, die dann wegen des ewigen Hin und Her in dem winzigen Raum nicht dazu kam, den toten Vogel anzugehen? Ich möchte diese Vermutung nur aussprechen, aber nicht allzuviel Wert darauf legen, weil ich sie logisch nicht weiter zu stützen vermag.

Ebenso möchte ich nicht unerwähnt lassen, daß die Kohlmeise in Danzig infolge Mangels an anderen Futterstoffen, die ich mir erst kommen lassen mußte, sehr viel mehr Fleischnahrung erhielt als sonst. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß dadurch der Erregungszustand herbeigeführt wurde, der sie zu jenem Angriff trieb. Möglicherweise hat *Flöricke* recht, wenn er davor warnt, Kohlmeisen im Winter mit Kadavern zu füttern, weil dadurch die unselige Neigung, über kleine Vögel herzufallen, geweckt oder gesteigert werde. Allerdings muß ich gleichzeitig hervorheben, daß gewiegte Vogelpfleger ebenso entschieden davor warnen, Insektenfresser wie Rotkehlchen (*Erithacus rubecula* L.) und ähnliche Arten vegetabil zu ernähren, weil sie sonst, durch Fleischhunger veranlaßt, ihre Käfiggenossen mörderisch überfallen. Meiner Ansicht nach gehören diese Dinge aber doch nicht ganz in dieselbe Rubrik, da für das Rotkehlchen ein durch Schnabelhiebe getötetes Opfer nicht in gleicher Weise wie bei der Kohlmeise als Nahrung in Frage kommt.

Am meisten Kopfzerbrechen machen mir aber folgende Zusammenhänge. Wie die Dinge auch liegen mögen, ganz entschieden gehören solche Mordanfälle, die selbst in der Gefangenschaft nichts weniger wie alltäglich sind, in dem Freileben zu recht seltenen Erscheinungen. Wir werden mit der Tatsache rechnen müssen, daß fast alle Kohlmeisen, die in der Gefangenschaft zu einem solchen Morde schreiten, dies zum ersten Mal in ihrem Leben tun. Da der Pfleger an ihrer Handlungsweise in der Regel nur wenig Gefallen finden mag, werden sie auch nur selten genug

Gelegenheit haben, den Versuch zu wiederholen. Hat nicht unter diesen Umständen die übereinstimmende, äußerst geschickte Technik des Verfahrens, die uns schon *Bechstein* so genau schildert, etwas ganz Überraschendes? -- Wenn ein Lebewesen bei regelmäßig wiederkehrenden, lebenerhaltenden Handlungen wie dem Nestbau, dem Wanderflug und ähnlichen Dingen auf Grund angeborenen, ererbten Wissens gesetzmäßige Handlungen in vollkommener, durchaus typischer Weise ausführt, so vermag uns solche Fertigkeit wohl auch in Erstaunen zu versetzen, aber sie hat doch nicht soviel Befremdliches wie die Tatsache, daß die Individuen einer Art Handlungen, zu denen die große Mehrzahl von ihnen wohl niemals im Leben schreitet, in derart schematischer, artlich gesetzmäßiger Weise vollzieht. Offenbar haben wir es mit einer über das Individuum hinausreichenden Erinnerungskraft, einer Bewährung der Mneme zu tun, für die ähnliche Fälle nicht allzuleicht angeführt werden dürften. Gerade aus dem Grunde glaube ich auch die Leser dieser Zeitschrift mit jenen Erlebnissen behelligen zu müssen. So häufig sie erscheinen, sind sie doch von höchstem Wert für den Forscher, der von jeher gegen die auftrat, welche bei der Besprechung tierischer Handlungen nur mit dem Individuum und nicht darüber hinaus auch mit der Art in ihrem ganzen Werdegang als der in Frage kommenden Einheit rechnen wollen.

Danzig-Langfuhr, den 17. April 1921.

Fritz Braun.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 22. März 1921 hielt Herr Oberregierungsrat Professor *H. Maurer* (Berlin) einen Vortrag über die Bedeutung der Funkentelegraphie für die Geographie, insbesondere die Kartographie.

Die moderne Technik der Funkentelegraphie gestattet es, Nachrichten über den ganzen Erdball mit großer Schnelligkeit zu verbreiten, so daß der Antipodenpunkt von den elektrischen Wellen bereits in $\frac{1}{15}$ Sekunde erreicht wird. Schiffe und die festen Stationen geographischer Expeditionen können mit Sendern und Empfängern ausgerüstet werden. So stand z. B. die Südpolarstation von *D. Mawson* in Adelieland 1912—1913 zum erstenmal in der Geschichte der Polarforschung über die Nebenstation der Macquarie-Insel auf funkentelegraphischem Wege mit der Außenwelt in Verbindung¹⁾, was für die Stimmung der Expeditionsmitglieder von größter Bedeutung war. Schlittenexpeditionen sind heute schon imstande, Empfangsapparate mitzuführen, die eine Benachrichtigung seitens der Sendestation gestatten und gegebenenfalls durch Mitteilung über Rettungsexpeditionen, Anlage von Lebensmitteldepots usw. sehr nützlich werden können. Auch erleichtert die Abgabe von Zeitsignalen und gerichteten Signalen die geographischen Ortsbestimmungen auf solchen Forschungsreisen außerordentlich. Expeditionsschiffe können Nachrichten über Wetter- und Eisverhältnisse empfangen und geben und damit die Expeditionszwecke nachdrücklich fördern. Funkentelegraphische Zeitsignale sind für geographische Ortsbestimmungen, insbesondere Ermittlungen der geographischen Länge und Kontrolle des Ganges der Uhren sehr wichtig.

Dazu kommen die funkentelegraphischen Peilungen, bei denen sich durch Abhören mittels Telephons an der

¹⁾ Vgl. „Die Naturwissenschaften“ 1921, 9. Jahrg., S. 99—100.

Lautstärke erkennen läßt, aus welcher Richtung die elektrischen Wellen herkommen, weil der auf dem kürzesten Wege eintreffende Strahl die maximale Energie auf den Empfänger überträgt. Am einfachsten läßt sich dies mit Hilfe einer Spule, der Rahmenantenne von *Braun*, erreichen. Die Methode würde einwandfrei funktionieren, wenn die elektrischen Leitungsverhältnisse in dem durchlaufenen Gebiet gleichmäßig verteilt wären. In Wirklichkeit aber werden durch die Verteilung von Wasser und Land, Auftragung von Gebirgen, Bewaldung größerer Flächen, verschiedene Ionisation der Luftteile, Metallumgebung des Empfängers, usw. Abweichungen erzeugt, die bis zu 45° Winkeldifferenz zwischen dem größten Kugelkreis und der Richtung des Strahls betragen können. Unter normalen Verhältnissen jedoch überschreitet die Abweichung in der Regel nicht 2°. Während auf dem nicht absolut ruhig liegenden Schiff nur Richtempfänger zur Anwendung gelangen, fungieren die Landstationen auch als Richtsender.

Der Vortragende behandelte dann ausführlich die Einzelheiten des Problems der funkentelegraphischen Ortsbestimmung, für die sich die neue Bezeichnung „Ortung“ eingebürgert hat. Neben der Orthodrome, d. i. dem größten Kreis auf der Erdkugel, und der Loxodrome, d. i. derjenigen Linie, die alle Meridiane unter dem gleichen Winkel schneidet, ist 1905 vom Vortragenden die Linie eingeführt worden, von deren jedem Punkte aus die Station in der gleichen Azimutrichtung liegt; diese Linien haben später von *E. Kohlschütter* den Namen „Azimutgleichen“ erhalten. Bei großen Entfernungen kann die Ortung außerordentlich unsicher werden, namentlich dann, wenn Schnittwinkel der Peilungslinie am unbekannten Ort zur Messung kommen. Dagegen ist die Methode sehr brauchbar bei kleinen Distanzen, vor allem bei der Küstenfahrt, wo man nach den funkentelegraphischen Peilungen fast ebenso sicher fährt, wie in der gewöhnlichen Weise mit Peilungen nach Leuchtfuern, und dazu noch den Vorteil hat, daß auch Nebel die Peilungen nicht verhindert.

Sehr wichtig ist die Wahl der zur Anwendung kommenden Kartenprojektionen. Wendet man die Methode an, die bei den gewöhnlichen Vermessungen dem Vortwärtseinschneiden entspricht, bei der man also von bekannten Stationen aus durch Peilung die Lage des unbekannten Punktes ermittelt, so ist jede Standlinie (wie man in der nautischen Vermessung den geometrischen Ort bezeichnet) ein größter Kugelkreis. Man muß daher eine solche Kartenprojektion wählen, bei der die größten Kreise durch gerade Linien dargestellt werden (orthodromische Karten), was z. B. bei der gnomischen oder zentralen Projektion der Fall ist, einer perspektivischen Projektionsart, die entsteht, wenn man vom Erdmittelpunkt aus Strahlen zieht, welche die Erdoberfläche auf eine tangential angelegte Ebene projizieren. Solche Richtungskarten sind jedoch nur im Kartenmittelpunkt genau winkeltreu. Auf der übrigen Karte entstehen durch Verzerrungen Winkelfehler, die mit dem Abstand vom Kartenmittelpunkt wachsen. Der Vortragende hat daher auch orthodromische, aber nicht gnomische Projektionsarten angegeben, die geringere Winkelverzerrungen zeigen. Bei der winkeltreuen Merkatorprojektion, in der die meisten Seekarten entworfen sind, stellen die geraden Linien nicht Großkugelkreise, sondern Loxodromen dar. Trotzdem kann man sie unter Anbringung eines Korrektionswinkels, der die wahre (Großkreis-) Peilung auf loxodromische Peilung reduziert, ebenfalls benutzen, wenn der Schiffsort angenähert bekannt ist.

Von Wichtigkeit ist, daß sich diese Bestimmung auf der Merkatorkarte auch für die zweite Methode der Ortsbestimmung anwenden läßt, die dem Rückwärts-einschneiden der gewöhnlichen Vermessung an Bord entspricht. Dabei werden vom unbekannten Schiffsort wenigstens zwei feste Stationen, deren Lage bekannt ist, angepeilt. Die Standlinie ist hier die Azimutgleiche. Für diesen Fall können auch andere kartographische Methoden zweckmäßig sein mit Hilfe der auf einer winkeltreuen Projektion von *Littrow* beruhenden Azimutmeßkarte, in der die Breitenkreise und Meridiane konfokale Ellipsen und Hyperbeln und alle Geraden der Bildebene Bilder von Azimutgleichen sind.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß man zur funkentelegraphischen Ortsbestimmung in den besuchten Teilen des Weltmeeres am besten die Merkatorkarte benutzt, während sich in hohen Breiten leichter auf der gnomischen Karte arbeiten läßt, zumal wenn man sich als Hilfsinstrumentes des Doppelwinkelmessers bedient.

Dem Vortrage folgte eine lebhafte Besprechung, an der sich die Herren *Baschin*, *Behrmann*, *Hellmann*, *Kohlschütter*, *Löwe*, *Schweydar*, *Wedemeyer* und der Vortragende beteiligten. Es kamen dabei viele technische Einzelheiten zur Sprache, die sich insbesondere auf Gewicht und Umfang der Empfänger-ausrüstung für Forschungsexpeditionen bezogen. Auch der Einfluß atmosphärischer Störungen und die Möglichkeit, aus diesen Störungen Schlüsse auf den Zustand der Atmosphäre zu ziehen, gelangten zur Erörterung. Schließlich wurde erwähnt, daß die funkentelegraphische Orientierung schon während des Krieges dem deutschen Luftschiff L 59 ermöglichte eine Fahrt bis Khartum (16° nördl. Breite) im ägyptischen Sudan und zurück auszuführen.

In der Sitzung am 2. April 1921 hielt Professor *C. Skottsberg* (Göteborg) einen Vortrag mit Lichtbilder über die **Juan-Fernandez-Inseln** auf denen er nach einem früheren flüchtigen Besuch vom 1. Dezember 1916 bis zum 1. Mai 1917 verweilte. Die größere der Inseln, *Mas-a-tierra*, liegt 360 Seemeilen westlich von *Valparaiso* und macht schon von See aus einen imponierenden Eindruck. Sie besteht völlig aus jungvulkanischen Gesteinen, doch fehlen ihr alle Krater und sonstigen Anzeichen rezenter Ausbruchstätigkeit. Ihre Länge beträgt 26 km, die größte Breite 6½ km, der Flächeninhalt 88 qkm. Ein Gebirgskamm, der in dem 950 m hohen *Junque* kulminiert, durchzieht die ganze Insel; er hält sich auf der Osthälfte an der Südküste, macht in der Mitte eine S-förmige Krümmung und bleibt auf dem nach SW umbiegenden Teil der Insel nahe der NW-Küste, um dann allmählich niedriger zu werden und schließlich im Meere unterzutauchen, aus dem als Fortsetzung sich noch die kleine Insel *Santa Clara* erhebt.

Das Klima ist warm ozeanisch. Jahresmittel der Lufttemperatur 15½°, wärmster Monat (Februar) 19½°, kältester Monat (August) 12°. Frost ist nicht beobachtet worden. In *Cumberland Bai*, dem Hafen der Nordküste, fallen 1100 mm Regen an 130 Niederschlagstagen, davon ¼ im Winter. Entsprechend der Lage am Ostrande der süd pazifischen Antizyklone wehen die Winde meist aus dem Südquadranten. Während daher die höheren Teile der Insel viel Niederschlag empfangen und ihre Abhänge fast täglich in Nebel gehüllt sind, bewirken die eigentümlichen topographischen Verhältnisse auf *Mas-a-tierra*, daß die Westhälfte der Insel nebst dem kleinen *Santa Clara*, das sicher früher mit *Mas-a-tierra* zusammenhing, trocken und waldlos sind, während die zentralen und

östlichen, viel höheren und regenreichen Teile einen schönen Waldgürtel tragen. Es ist dies ein immergrüner Wald mit Baumfarnen und Palmen. Längs den steilen, ungemein schmalen Basaltrücken läuft ein enger Saum, in dem sich die größten Merkwürdigkeiten der Flora gesammelt haben, teilweise systematisch sehr isolierte Typen, wie *Dendroseris*, *Robinsonia*, ein baumförmiger *Wegerich* usw. Der Unterschied zwischen Luv- und Leeseite prägt sich in der Vegetation scharf aus. In Höhen von 400 bis 500 m beginnt die Nebelregion, in der alles vor Nässe trieft und die Bäume mit Hängemoosen bewachsen sind. Die untere Waldgrenze, die auf der Nordseite der Eingriff des Menschen zuwege gebracht hat, ist auf der Südseite durch klimatische Verhältnisse bedingt. Der Kolibri ist endemisch. Die kleine Ansiedelung in der Cumberland-Bai wird von etwa 200 Fischern bewohnt, die namentlich Langustenfang für den Export nach Chile betreiben.

In weiten Kreisen ist Mas-a-tierra als die Robinsoninsel bekannt, auf welcher der schiffbrüchige Matrose Selkirk von 1704 bis 1709 in völliger Einsamkeit lebte.

Die zweite Hauptinsel der Gruppe ist das 92 Seemeilen weiter westlich gelegene Mas-a-fuera, ein solider Basaltblock von 10½ km Länge, 6 km Breite und 54 qkm Flächeninhalt. Sein Basalt ist widerstandsfähiger als derjenige von Mas-a-tierra, und die Küste fällt so steil zum Meere ab, daß kein Hafen existiert und selbst eine Landung mit kleinem Boot oft unmöglich und meist recht gefährlich ist. Die kräftige Meeresabrasion hat jedoch eine bei Niedrigwasser passierbare Strandfläche geschaffen, auf der man die Insel mit Ausnahme des nördlichen Teiles umwandern kann. Nach Norden und Osten hin senkt sich die Hochfläche langsam, so daß der Steilabfall des Kammes dicht an der Westküste liegt. Die Abdachung nach Osten wird von vielen tiefen Schluchten durchfurcht, deren Talsohle meist nur 2 bis 3 m breit ist, während die Seitenwände oft 800 bis 900 m fast senkrecht emporsteigen. Die geologische Untersuchung ergab die auffällige Erscheinung, daß das Magma beim langsamen Erstarren nach dem spezifischen Gewicht differenziert wurde.

Klimatologische Beobachtungen fehlen, denn die Insel ist unbewohnt. Noch stehen allerdings die Häuser der chilenischen Strafkolonie, die sich hier einige Jahre befand. Nach der Vegetation zu urteilen, folgt auf eine basale Trockenregion eine montane feuchte Region von 200 bis 300 m, die den Wald beherbergt. Dieser bildet jedoch keinen zusammenhängenden Gürtel, sondern jedes Talsystem hat sein eigenes Waldgebiet. Bei 700 bis 800 m liegt die Waldgrenze, und in 1100 bis 1200 m beginnt die alpine Heide, die im wesentlichen Moose und Flechten trägt, gemischt mit alpinen Gräsern und subantarktischen Typen. Floristisch ist Mas-a-fuera ärmer als Mas-a-tierra. Farne sind auch hier sehr häufig. Verzweigte Farnbäume erreichen Höhen bis 7 m und Stammdicken von 1 m Durchmesser. Der höchste, bis 1500 m ansteigende Gipfel ist von einem sonderbaren, schwer durchdringbaren Wald aus lauter Baumfarnen von ganz eigenartigem Aussehen umgeben. In den höheren Teilen wurde die unerwartete Entdeckung einer magellanischen Flora gemacht. Hochwald beschränkt sich auf einige kleinere Bestände in den Tälern; er stimmt in seinen Hauptzügen mit dem von Mas-a-tierra bekannten überein. Die Fauna ist arm, namentlich an Wirbeltieren. Von größeren kommt nur die verwilderte Ziege vor, deren Fleisch die Hauptnahrung der Expedition ausmachte.

Das Verlassen der Insel nach fünfwöchigem Aufenthalt erwies sich als ebenso schwierig wie die Landung.

Das Hauptergebnis der Reise liegt in dem biologischen Material. Die meisten Arten, von welchen sehr viele bis jetzt unbekannt waren, sind auf diese Insel allein beschränkt. Wenn wir die bathymetrischen Verhältnisse an der chilenischen Küste und die Veränderungen, welche durch die Entstehung der hohen Korallen eintreten, in Betracht ziehen, so brauchen wir gar nicht anzunehmen, daß die Flora und Fauna erst auf diesen Inselchen, wie sie jetzt da sind, ausgebildet wurde, sie ist vielmehr teilweise von sehr hohem Alter. Merkwürdig ist, daß so viele Formen nichts mit dem nahe gelegenen Südamerika zu tun haben, sondern enge Beziehungen zu Neuseeland, Fidschi, Hawaii usw. verraten. Es scheint, daß im Tertiär eine altpazifische Flora dem jetzt vereisten antarktischen Festland entlang verbreitet war, daß sich einerseits mit Neuseeland, andererseits mit Südamerika verband, und daß vor der Entstehung der Anden, welche wohl Senkungen westlich von der heutigen Küste bewirkten, in der Gegend von Juan Fernandez mehr Land war, das in enger Beziehung zu Südchile stand. Von dem sinkenden Land wurden die neu entstandenen Inseln, die jetzt Juan Fernandez bilden, besiedelt: die Lebewelt ist also viel älter als die Inseln selbst, wir haben eine eigenartige Restflora und -fauna, die ihresgleichen sucht. Dagegen wies der Vortragende die direkte Verbreitung von Pflanzen oder Tieren über den großen Ozean mit wenigen Ausnahmen entschieden ab und stellte sich andererseits der Theorie von dem großen pazifischen Kontinent ganz ablehnend gegenüber.

In der Fachsitzung am 18. April 1921 hielt Dr. B. Brandt (Belzig) einen Vortrag über den **Bevölkerungsrückgang in Nordfrankreich und dessen geographische Begleiterscheinungen**. Fast alle fortgeschrittenen Völker des europäischen Kulturkreises weisen einen Bevölkerungsrückgang auf. Während aber Deutschland noch einen Geburtenüberschuß von 12‰ hat, ist dieser in Frankreich schon seit Jahren gleich Null. Wenn sich daher die Verhältnisse dort nicht ändern, dürfte in einem Jahrhundert der echte Franzose in der europäischen Menschheit ebenso selten sein, wie jetzt der Wisent in der Groß-Säugetierwelt. Während aber die Bildung einer Mischrasse sich nur schwer nachweisen läßt, muß sich der Bevölkerungsrückgang im Siedlungsbilde widerspiegeln. Der Vortragende hat daher gelegentlich seines Aufenthaltes im Grenzgebiet zwischen Champagne, Isle de France und Picardie während des Feldzuges die Bevölkerungsbewegung der einzelnen Orte auf Grund statistischen Materials, der Kirchenbücher und der Register von Ortsbehörden untersucht.

Das Untersuchungsfeld war aus dem Grunde besonders geeignet, weil es eine hauptsächlich landwirtschaftliche Bevölkerung enthält, während große Städte und Industriegebiete fehlen. Die Ortschaften liegen unregelmäßig zerstreut und befinden sich unter ganz verschiedenen Siedlungsbedingungen. Das statistische Zahlenmaterial stammt z. T. schon aus dem 17. Jahrhundert, wird aber erst seit Beginn des 19. lückenlos fortgeführt. Die Zuverlässigkeit des Materials zeigt sich darin, daß einige 30 Ortschaften hinreichend übereinstimmende Ergebnisse lieferten.

Die Kurven der Volkszahl zeigen eine Vermehrung der Bevölkerung vom Anfang des vorigen Jahrhunderts bis etwa 1840 um 25 %, dann tritt ein Stillstand und schließlich, namentlich seit 1886, ein Sinken der Volkszahl ein, so daß der Bevölkerungszuwachs in der ersten Hälfte des Jahrhunderts bei dessen Ende bereits wieder verloren ist. Anders ist es in den Städten,

vor allem in der größten des Gebietes, Laon, dessen Einwohnerzahl am Ende des Jahrhunderts auf das Doppelte angewachsen ist. Der Grund des Bevölkerungsrückganges ist neben der Abwanderung die sinkende Kinderzahl der Ehen. Zu Beginn des Jahrhunderts kamen 3,5, gegen Schluß desselben nur 2,5 Kinder auf eine Ehe.

Als Begleit- und Folgeerscheinung des Bevölkerungsrückganges kommt zunächst die verminderte Wohndichte in Betracht. Die Zahl der an einer Feuerstelle beteiligten Personen sinkt, und Häuser werden überflüssig. In kleinen Orten, wo bis 10 % unbenutzte Häuser gezählt werden konnten, verfallen diese, während sie in den Städten meist anderweitig nutzbar gemacht werden. Hier ist es mehr der Verfall von Kirchen, der die Aufmerksamkeit auf diese Vorgänge lenkt. Der Vortragende gab mehrere Beispiele von dem Entvölkerungs- und Verödungsprozeß in dem untersuchten Gebiete.

Ein typisches Bild des Verfalles bietet z. B. Clermont-les-fermes bei Laon, das einst ein Bauerndorf war, jetzt aber nur noch aus vier Gütern besteht, worauf auch die Zusatzbezeichnung „les fermes“ hinweist. Die kleinen Besitzer haben ihr Land aufgegeben und leben nun von ihren Renten in der Stadt. Die Landflucht wird sehr gefördert durch den, Frankreich allein eigentümlichen Hang zu einem frühzeitigen Rentnerdasein. Aus den Karten der Gemeinden läßt sich oft nachweisen, daß ein Übergang vom Ackerbau zu Weidegang und Viehwirtschaft stattgefunden hat, denn Acker und Weiden sind in einer Weise durcheinandergemischt, die darauf hindeutet, daß das jetzige Flurbild kein ursprüngliches sein kann. Die Siedelungen setzen sich aus dem Dorfkern und einem Gürtel weilerartig zerstreuter Gehöfte zusammen. Der Mischcharakter der Kulturlandschaft kommt in den Dorfanlagen zum Ausdruck. Das ursprüngliche Gehöft, der fränkische Bauernhof, befindet sich in Auflösung. Städtische Bauformen dringen in das Dorf, es entstehen Läden, wie es bei uns in Dörfern der Fall zu sein pflegt, die in der Nachbarschaft von größeren Städten liegen. Die tieferen Ursachen des ganzen Umwandlungsprozesses liegen in dem Umschwung, den das gesamte Wirtschaftsleben seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts erfahren hat.

In der anschließenden Erörterung teilte Dr. Otto mit, daß er dieselben Erfahrungen im Departement des Ardennes gemacht habe, wo die Landbevölkerung in die Industriestädte des Maastales abgewandert ist, weil die Schafzucht, welche die Wolle für die dortige Tuchindustrie lieferte, sich infolge der überseeischen Einfuhr von Wolle nicht mehr rentierte. Die Weiden wurden daher überflüssig und mit Kiefern angeforstet, was sich als rentabler erwies. Auch im Maastal, wo vielfach heimische Eisenerze in verstreuten Kleinbetrieben verhüttet wurden, ist durch deren Aufsaugen seitens der Großindustrie in Sedan und Charleville-Mezières eine Wandlung des Landschaftsbildes eingetreten. Geheimrat Penck erwähnte einige analoge Beispiele aus dem Departement des Basses-Alpes. Er fand dort einen Ort, in dem nur noch drei Häuser bewohnt waren, weil alle übrigen Einwohner nach Marseille ausgewandert waren.

O. B.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Das Problem Geometrie und Erfahrung hat Einstein in der Preußischen Akademie der Wissenschaften am

27. Januar in einem Festvortrag behandelt, der jetzt bei J. Springer in erweiterter Fassung erschienen ist. Einstein macht sich in ihm eine These zu eigen, die wohl als ein Eckpfeiler der modernen Theorie exakt-wissenschaftlicher Erkenntnis angesehen werden muß, und die er in wundervoller Prägnanz so formuliert: „Insofern sich die Sätze der Mathematik auf die Wirklichkeit beziehen, sind sie nicht sicher, und insofern sie sicher sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit.“ Nach der älteren Auffassung war die Geometrie die Wissenschaft vom Raume, dessen Eigenschaften uns durch Intuition gegeben seien: nach neuerer Auffassung sind zwei Bedeutungen des Wortes Geometrie zu unterscheiden.

Erstens die Geometrie als Zweig der reinen Mathematik. Als solche stellt sie nur ein System von Lehrsätzen dar, die rein logisch aus gewissen Axiomen abgeleitet sind, wobei es nur auf diesen logischen Zusammenhang ankommt, ganz abgesehen davon, ob es irgendwelche Gegenstände oder anschaulich vorstellbare Gebilde gibt, von denen jene Axiome gelten.

Zweitens die (von Einstein so genannte) „praktische Geometrie“, nämlich die Wissenschaft von den (durch Punktkoinzidenzen festzustellenden) Lagerungsmöglichkeiten der Körper. Als solche ist sie eine durch Erfahrung zu prüfende Naturwissenschaft. Sie entsteht aus der rein formalen logisch-mathematischen Geometrie durch Hinzufügung des Satzes, daß es Naturdinge gibt — die „starren“ Körper —, welche sich den geometrischen Axiomen gemäß verhalten. — Man hat oft bemerkt, daß es keinen schlechthin zwingenden Grund gebe, irgendwelche Naturkörper mit ganz bestimmten Eigenschaften als „starre“ auszuwählen; wir könnten ein beliebiges System der Geometrie zur Beschreibung der Wirklichkeit benutzen, wenn wir nur zugleich das System der Physik dazu passend einstellen; nur die Gesamtheit: Geometrie plus Physik wird durch die Erfahrung zwangsläufig bestimmt. Einstein erkennt die prinzipiell unwiderlegliche Richtigkeit dieser Ansicht an; aber wie schon Poincaré zugab, daß die Ökonomie der Wissenschaft uns eine ganz bestimmte Geometrie als die geeignetste ohne Schwanzen wählen läßt (nur glaubte er noch, es sei die euklidische), so ist es nach Einstein beim heutigen Entwicklungsstadium der Physik unabweislich, empirische Naturkörper von bestimmten Eigenschaften als praktische starre Maßstäbe bei der Ausmessung der Lagerungsmöglichkeiten zugrunde zu legen — solche nämlich, die der durch Erfahrung prüfbaren Bedingung genügen, daß zwei Maßstäbe stets und überall gleich lang sind, wenn sie einmal und irgendwo als gleich befunden wurden (eine Bedingung, die Weyl bekanntlich aufzugeben versucht hat). Unter dieser Voraussetzung sind nunmehr die Axiome der praktischen Geometrie reine Erfahrungssätze, durch Beobachtung zu ermitteln. Nach der allgemeinen Relativitätstheorie sind diese Axiome bekanntlich nicht-euklidisch, und der Raum hat im ganzen angenähert sphärische Struktur. Einstein gibt eine höchst geistreiche Methode an, mit Hilfe deren es der Astronomie vielleicht in absehbarer Zeit möglich sein wird, diese Folgerung indirekt zu bestätigen. — Als letzten Abschnitt hat Einstein eine sehr hübsche Betrachtung angefügt, durch die er zeigt, daß der sphärische Raum nicht etwa unerfüllbare Ansprüche an unser Anschauungsvermögen stellt, wie oft geglaubt wird, sondern daß eine dreidimensionale, endliche und doch grenzenlose Welt sehr wohl anschaulich vorstellbar ist. Gerade diese Veranschaulichung ist so einfach und reizvoll, daß sie gewiß viel dazu beitragen wird, in vorurteilsfreien Gemütern die noch vielfach hem-

menden philosophischen Bedenken gegen die neue Auffassung der Raumlehre zu zerstreuen. *M. Schlick.*

Die Schneehäufigkeit in Deutschland¹⁾. In seinem großen Werk über die Niederschlagsverhältnisse Norddeutschlands²⁾ hatte *G. Hellmann* zum ersten Male den Versuch gemacht, Linien gleicher Anzahl der Schneetage (Isochionen) zu entwerfen, und das auf Seite 216³⁾ des ersten Bandes veröffentlichte Textkärtchen für Nord- und Westdeutschland hebt bereits als wesentliche Züge die Zunahme der Schneehäufigkeit nach Osten und die relative Schneeseltenheit in den Tälern des Rheins und dessen größeren Nebenflüssen hervor. Die neue, auf viel reichhaltigerem Material beruhende und auf ganz Deutschland ausgedehnte Untersuchung zeigt noch deutlicher die Zunahme der Tage mit Schnee von 20 Tagen jährlich an der holländischen Grenze bis nahezu 70 in Masuren, sowie die schneefallärmsten Gebiete im Oberrheintal zwischen Straßburg und Mülhausen und an der Neckarmündung mit 19 Schneetagen. Im wesentlichen handelt es sich hier um den Einfluß der Temperatur, der sich auch darin kundgibt, daß die Zahl der Schneetage überall mit wachsender Seehöhe zunimmt. Die größten Werte finden wir dementsprechend auf der Zugspitze (2964 m) 191 Tage, Schneekoppe (1602 m) 129, Brocken (1142 m) 99, Oberwiesenthal im Erzgebirge (920 m) 90, Schmücke im Thüringer Wald (907 m) 88, Altastenberg (780 m) 72 und Schneifelforsthaus (657 m) 62 Tage.

Drückt man die Zahl der Schneetage in Prozenten der Niederschlagstage aus, so betragen sie auf der Schneekoppe 50, in Masuren 37, zu Straßburg im Elsaß und auf Borkum aber nur 12 Prozent aller Niederschlagstage (d. h. Tage mit mindestens 0,1 mm Niederschlag) aus. Die Verteilung auf die einzelnen Monate zeigt insofern eine Abweichung von dem jährlichen Temperaturgange, als die Schneewahrscheinlichkeit an vielen Orten im Februar ebenso groß ist wie im Januar, vielfach auch das Maximum in den Februar, im nordwestdeutschen Küstenland und in den höchsten Regionen der Gebirge sogar in den März fällt.

Im deutschen Flachlande, mit Ausnahme von Ostpreußen, sind nur die Monate Juli und August, in Höhen über 1000 m aber auch diese nicht mehr ganz schneefrei. Die Schwankungen von Jahr zu Jahr sind naturgemäß sehr groß. Als Extreme sind zu erwähnen: Zugspitze 225, Trier 2 Schneetage.

Interessant, weil bisher noch nie untersucht, ist das Verhältnis der Zahl der Tage mit Schneefall zu derjenigen der Tage mit Schneedecke. Längs der Isochione von 60 Tagen entfallen auf einen Schneetag 1,6 Tage mit Schneedecke, an der Isochione 50 nur noch 1,4 und an der Isochione 30 fast genau 1,0. Westlich davon gibt es schon weniger Tage mit Schneedecke als mit Schneefall. In den Gebirgsgebieten dagegen wächst die Verhältniszahl naturgemäß an, erreicht in den höchsten Erhebungen der deutschen Mittelgebirge Werte zwischen 1,4 und 1,6, auf dem Gipfel der Zugspitze sogar 1,7.

¹⁾ Neue Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Deutschland. Zweite Mitteilung: Die Schneeverhältnisse. Von *G. Hellmann*. Sitzungsberichte der Preuß. Akad. d. Wissensch., Berlin 1921, Nr. XI, S. 246—257. 1 Karte.

²⁾ Die Niederschläge in den Norddeutschen Stromgebieten. In amtlichem Auftrage bearbeitet von *G. Hellmann*. Berlin 1906. 1. Bd. Text V, 386, (139) Seiten. 2. Bd. Tabellen I; VII, 722 S., 3 Tafeln, 1 Karte. 3. Bd. Tabellen II; VII, 872 S.

³⁾ Nicht auf S. 206, wie infolge eines Druckfehlers in der Abhandlung angegeben ist.

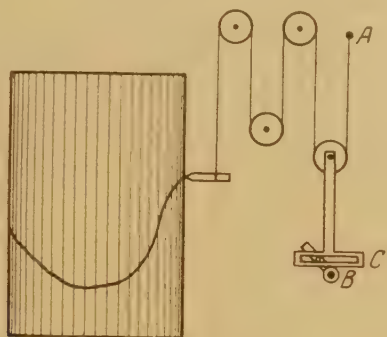
Aus den von *W. W. Korhonen* veröffentlichten Untersuchungen über die Schneedecke in Finland ergibt sich dort ein starkes Anwachsen der Verhältniszahl nach Norden (Helsingfors in 60° Nördl. Br. = 1,6, Karesuando in 68½° Nördl. Br. = 2,4), so daß man weiter polwärts den Wert 3 und darüber erwarten darf. Dies besagt, daß im Gebiete ewigen Schnees zur Erhaltung einer Schneedecke von 365 Tagen Dauer schon 122 Schneetage genügen würden, worauf auch die für Spitzbergen aus mehrjährigen Beobachtungen ermittelte Zahl von 100 Schneetagen hindeutet. Dazu kommt, daß in polaren Gegenden die häufigen Raureif- und Nebelreifbildungen zur Erhaltung der Schneedecke beitragen.

O. B.

Über die in der Deutschen Seewarte in Hamburg benutzte deutsche Gezeitenrechenmaschine berichtet *H. Rauschelbach* in den Annalen der Hydrographie usw. 1921 S. 93 ff. in einer Arbeit, betitelt: Über die Vorausberechnung der Gezeiten mittels der deutschen Gezeitenrechenmaschine. — Selbst wenn die harmonischen Konstanten der vertikalen Bewegung des Wassers infolge der Gezeiten für einen Hafen bekannt sind, ist die Vorausberechnung der Hoch- und Niedrigwasserzeiten und -höhen eine so umfangreiche Arbeit, daß selbst geübte Rechner in einem Jahre nur für wenige Häfen diese Vorausberechnung durchführen können. Da außerdem diese Rechnungen in jedem Jahre von neuem durchzuführen sind, hat man sehr bald nach Einführung der harmonischen Analyse nach Methoden gesucht, diese Zusammensetzung der zu berechnenden Tidekurve aus den Einzeltiden rein mechanisch durch eine Maschine ausführen zu lassen. — Es sind im Laufe der letzten vierzig Jahre mehrere englische, zwei amerikanische und in den Jahren 1915/16 auch eine deutsche Gezeitenrechenmaschine gebaut worden. Die deutsche Maschine lehnt sich in manchen Grundgedanken an die älteren Vorbilder an, weist jedoch viele Eigenheiten auf, vor allem darin, daß die englischen Maschinen nur eine Kurve der vorausgerechneten Gezeiten ziehen, aus der die gewünschten Zeiten und Wasserstandshöhen noch abgelesen werden müssen, die zur Zeit der Konstruktion der deutschen Maschine nur bekannte ältere amerikanische Einrichtung aber zeichnet überhaupt keine Gezeitenkurve, sondern gibt auf ihrer Vorderseite die Zeiten und Höhen der Hoch- und Niedrigwasser unmittelbar an, während die neu-konstruierte deutsche Maschine beide Eigenschaften vereinigt.

Das Prinzip der Gezeitenrechenmaschinen, das besonders einfach und klar in dem Buche von *Darwin*, Ebbe und Flut, S. 222—231 (Wissenschaft und Hypothese V, Leipzig 1911) auseinandergesetzt ist, ist das folgende (vgl. die Figur). Eine an dem Ende *A* befestigte Kette läuft über eine Anzahl Rollen, von denen einige in der Figur angedeutet sind. Die oberen Rollen sind fest, die unteren in vertikaler Richtung verschiebbar. Die Bewegung der unteren Rolle wird durch eine sich drehende Kurbel *B* bewirkt, die mittels eines Zapfens den mit der unteren Rolle verbundenen Schlitten *C* auf- und niederbewegt. Hierdurch wird der am freien Ende der Kette geeignet befestigte Schreibstift ebenfalls regelmäßig in vertikaler Richtung bewegt und auf einer sich unter dem Schreibstift langsam drehenden Trommel eine Sinuskurve erzeugt. Dreht sich die Trommel während eines Tages einmal, die Kurbel *B* aber zweimal, so ist die gezeichnete Kurve eine Sonnentide. Durch Verstellung des Zapfens auf der Kurbel *B* läßt sich der Amplitude die gewünschte Größe geben. Um

auch die zahlreichen übrigen in Betracht kommenden Tiden zu berücksichtigen, läuft die Kette über zahlreiche derartige Rollenpaare, nur ist das Ausmaß und die Periode der vertikalen Bewegung je nach den durch die betreffende Tide gegebenen Bedingungen anders geregelt. Die gezeichnete Linie ist dann die Resultante aus den einzelnen Sinuskurven. — Von diesem Prinzip bis zur tatsächlichen Durchführung der Konstruktion des Instrumentes ist ein weiter Weg. Die deutsche von der Firma Otto Toepfer & Sohn in Potsdam unter Überwachung von Prof. Dr. Kühnen gebaute Maschine ist ein Meisterwerk der Präzisionstechnik. Von der Kompliziertheit geben am besten die dem genannten Aufsatz beigegebenen Abbildungen eine Vorstellung. Die Maschine ist etwa 1,5 m lang, 1,1 m breit und 1,9 m hoch. Auf zwei Zeigerblättern auf der Vorderseite des Apparates ist die Höhe des Wasserstandes und die zugehörige Zeit in jedem Augenblick abzulesen, außerdem wird die Kurve für das ganze Jahr aufgezeichnet auf einer Rolle Papier, das etwa $\frac{1}{2}$ m breit und 210 m lang ist. Durch eine äußerst sinnreiche Einrichtung ist außerdem erreicht, daß im Augenblick des Eintretens von Hoch- und Niedrigwasser ein Klingelzeichen ertönt, so daß der Zeitpunkt,



Darstellung des Grundgedankens der Gezeitenrechenmaschine (nach Darwin).

an dem die Ablesung zu erfolgen hat, nicht übersehen werden kann und die Bedienung der Maschine wesentlich erleichtert ist. Die ganze für die Vorausberechnung der etwa 1400 Hoch- und Niedrigwasser eines Jahres für einen Hafen erforderliche Zeit beträgt bei Benutzung dieser Gezeitenrechenmaschine nur etwa 10 bis 15 Stunden (!), aus welcher Angabe wohl am besten der große Nutzen dieser Maschine für die Aufstellung von Gezeitentafeln hervorgeht.

Bruno Schulz.

Lokomotive mit Turbinenantrieb. Die englische Zeitschrift *The Locomotive* bringt einige kurze Angaben über eine 2C gekuppelte Heißdampf-Lokomotive der Schweizer Bundesbahnen mit Dampfturbinenantrieb. Die Lokomotive war ursprünglich mit Kolbenmaschinen versehen und wurde von der Schweizerischen Lokomotivfabrik in Winterthur umgebaut. Der Entwurf der Turbine stammt von Escher Wyß & Co. in Zürich. Die Turbine, über welche nähere Angaben nicht gemacht sind, liegt vor der Rauchkammer und treibt mit Übersetzung 28 : 1 eine über dem Drehgestell angeordnete Blindwelle an, die durch Kuppelstangen mit der vorderen gekuppelten Achse verbunden ist. Der Kondensator befindet sich unterhalb des Kessels. Das Kühlwasser wird dem Tender entnommen. Das warme Wasser wird vom Tender aus in den Kessel gedrückt. An Stelle des gewöhnlich von den Zylindern kommenden Blasrohres ist ein Lüfter zum

Anfachen des Feuers vorgesehen. Als Vorteil wird in der Quelle die bessere Dampfausnutzung durch die Kondensation angeführt. Bei der Beförderung von zwei Versuchszügen zu 200 bzw. 350 t Gewicht von Romanshorn nach Winterthur ergab sich eine Brennstoffersparnis von rund 30 %. Genauere Unterlagen zur Beurteilung dieser Lokomotive bringt die Notiz leider nicht. An Projekten, die Dampfturbine im Lokomotivbetrieb zu verwenden, fehlt es nicht. Bisher scheiterte der Erfolg vor allem an der Unterbringung eines leistungsfähigen Kondensators. Daß die Blindwelle leicht zu Störungen Anlaß gibt, ist von den elektrischen Lokomotiven her bekannt. L. Schneider.

Über die Isotopen des Chlors. Durch die Kanalstrahlenversuche von Aston wurde bekanntlich nachgewiesen, daß viele Elemente aus Isotopen zusammengesetzt sind. Schon früher hatte man versucht, die Isotopie der Elemente aus ihrem Serienspektrum (Atomspektrum) nachzuweisen. Die Theorie verlangt nämlich eine geringfügige Abhängigkeit der Frequenz der einzelnen Spektrallinien von der Kernmasse. Der Effekt liegt aber gerade an der Grenze des Beobachtbaren. Nun haben in jüngster Zeit in Deutschland Arthur Haas (Ztschr. f. Phys. Band 4, S. 68) und A. Kratzer (Ztschr. f. Phys. Band 3, S. 460) unabhängig voneinander darauf hingewiesen, daß Isotopie bei ultraroten Molekülschwingungen eine durchaus merkbare Linienverschiebung hervorrufen müsse. Kratzer ist es nun gelungen, auch einen experimentellen Beleg für diese Anschauung beizubringen. Ein Teil der ultraroten Schwingungen des Chlorwasserstoffs, um den es sich dabei handelt, rührt bekanntlich daher, daß das positive H^+ - und das negative Cl^- -Ion gegeneinander schwingen. Die Frequenz dieser Schwingung ist auch von der Masse des Cl abhängig. Besteht also das HCl sowohl aus Cl 35 als auch aus Cl 37, so muß an Stelle der einen Schwingung ν_0 ein Doublett auftreten. In den recht genauen Messungen der ultraroten Schwingungen des HCl durch Imes findet sich nun ein solches Doublett, welches Imes damals nicht zu deuten vermochte. (Die beobachteten Linien stellen zwar nicht bloß Schwingungen der Kerne gegeneinander dar, sondern sie entstehen durch Überlagerung dieser Kernschwingung und derjenigen Schwingung, die von der Rotation des ganzen Moleküls herrührt; die Frequenz der letzteren wird aber durch die Verschiedenheit der Chlormassen nur um einen hier unmerklichen Betrag geändert.) Kratzer zeigt nun, daß der Abstand der beiden Linien genau mit dem übereinstimmt, den er aus der Annahme zweier Chlorisotopen 35 und 37 errechnet hat. Unabhängig von Kratzer ist F. W. Loomis (Astrophysical Journal 52) zu denselben Resultaten gekommen. H. Kallmann.

Astronomische Mitteilungen.

Die Tätigkeit der Mount-Wilson-Sternwarte. Den neuen Jahresbericht dieser größten Sternwarte der Welt zu lesen, hat für den deutschen Astronomen leicht etwas Bedrückendes. Alles ist dort so echt „amerikanisch“ großzügig. Allein das Personal (über 20 Wissenschaftler, über 30 Mechaniker, Maschinisten usw., 15 Hilfsrechner, die gerade der deutsche Astronom sehr vermißt, der ohne sie unzählige Stunden elementaren Reduktionsrechnungen widmen muß, wodurch er auch den Auslandskollegen gegenüber benachteiligt ist) entspricht einem guten Teil der deutschen Sternwarten zusammen. Bedenkt man, daß in Amerika und den englischen Kolonien noch einige derart große Institute

sind, so begreift man, daß die früher führende deutsche Astronomie an die zweite Stelle rücken mußte. Durch keine Geldsorgen beengt, können die Beobachter dort die immensen instrumentellen Hilfsmittel bei äußerst günstigem Klima und straffer Organisation voll ausnutzen, wie auch die folgenden Zahlen zeigen mögen. Im Berichtsjahre wurde die Sonne an 301 Tagen beobachtet, zum Photographieren geeignete Nächte waren 285 (gegen 50—60 in Deutschland), von 2363 klaren Nachtstunden wurden 1677 zum Exponieren von Platten gebraucht, ein großer Teil des Restes zu den hierfür nötigen Vorbereitungen. Der große Reflektor ($2\frac{1}{2}$ m Öffnung, 12,5 m Brennweite) liefert bei 2 Minuten Expositionszeit Sterne 17,8 Größe, der „kleine“ (1,5 m Öffnung, 7,5 m Brennweite) Sterne 16,9 Größe. Letztere ist aber unter günstigen Verhältnissen bei 3 bis 4 Stunden Exposition die Grenze für unsern Bonner Refraktor (30 cm Öffnung)!

Von den zahlreichen Arbeiten des letzten Jahres auf dem Mount Wilson seien hier nur die wichtigsten besprochen. Der neuerrichtete große Reflektor wurde auf seine vielseitige Verwendbarkeit hin geprüft und vor allem zu Versuchen nach dem Michelsonschen Interferenzverfahren¹⁾ benutzt. Mit dem sogenannten „Snow“-Teleskop und seinen großen Hilfsapparaten prüften *St. John* und *Babcock* die Rotverschiebung, den Einsteineffekt, im Spektrum der Sonne. Wie bei ihrer früheren Arbeit konnte er nicht nachgewiesen werden. Bei der Wichtigkeit der Sache soll noch ein dritter ganz ausgedehnter Versuch gemacht werden.

Für die Entscheidung der Frage, ob die Relativitätstheorie durch Beobachtungen bestätigt ist oder nicht²⁾, fallen diese Arbeiten gegenüber anderen derartigen jedenfalls sehr ins Gewicht, die mit wesentlich einfacheren Hilfsmitteln vorgenommen die Einsteinsche Vorausberechnung voll bestätigten. — Mit dem 50 m hohen Turmteleskop in Verbindung mit dem 25-m-Spektrographen wurden regelmäßig die Sonnenflecken (im ganzen fast 300) auf ihre magnetischen Eigenschaften hin untersucht. Aus der Bearbeitung früherer derartiger Aufnahmen ergab sich für die Dauer 1 Umdrehung der magnetischen Achse der Sonne um ihre Rotationsachse 31,52 Tage, sehr nahe früher erhaltenen Werten entsprechend. Mit dem gleichen Instrument wird ferner zurzeit an einem großen Atlas des Sonnenspektrums gearbeitet, von 3900 bis 6600 ÅE., Maßstab 1 ÅE. = 1 cm, Gesamtlänge des Spektrums 27 m, während z. B. der bekannte Rowlandsche Atlas bei 13 m Länge 4300 ÅE. enthält. — Die beiden großen Reflektoren dienen den verschiedensten Zwecken. Zum Studium ihrer Struktur wurde eine größere Anzahl Nebelflecke, Spiralen wie planetarische, photographiert, z. T. bei Verwendung von panchromatischen Platten und Farbfiltern. Von 122 Sternen, darunter 11 planetarischen Nebeln, konnte *v. Maanen* im Laufe der letzten Jahre die Parallaxe (bzw. Entfernung) bestimmen. Bei letzteren wurden die sternartigen Kerne gemessen, die bekanntlich photographisch beträchtlich heller sind als optisch. Diese Zentralsterne haben, wie die gemessenen Parallaxen zeigen, alle sehr geringe Leuchtkraft, im Durchschnitt ca. $\frac{1}{20}$ der Sonne, die selbst wieder zu den Zwergen unter den Fixsternen gehört. (Dagegen ist die Intensität der leuchtenden Nebelgase außerordentlich verschieden; wie noch nicht abgeschlossene Untersuchungen des

Referenten ergeben.) Die photographische Photometrie betraf vor allem *Kapteyns* „selected areas“, d. h. ausgewählte, gleichmäßig am Himmel verteilte Flächen, die von einer Reihe von Sternwarten mit allen Mitteln und Methoden der modernen Astronomie beobachtet werden, um so aus diesen Stichproben über den Bau des Weltalls im großen Schlüsse zu ziehen, da es unmöglich ist, alle die Millionen schwache und schwächste Sterne zu beobachten. Besonders bemerkenswert ist noch eine Untersuchung von *Seares*, der an Hand der neuen *Kapteyn-v. Rhynschen* statistischen Untersuchungen¹⁾ die Helligkeit des gesamten Milchstraßensystems, gesehen von einem Punkte außerhalb desselben, ermittelt hat. Diese Helligkeit wurde mit der der Spiralnebel verglichen. (Seit langem hat man ja das Milchstraßensystem als einen solchen aufgefaßt.) *Seares* findet, daß die bekannten Spiralnebel die Helligkeit der Milchstraße bis zu 100mal übertreffen, letztere also nicht ohne weiteres mit ihnen in eine Linie gestellt werden dürfte²⁾. — Die letzten Jahre hatten in rascher Folge eine Menge Untersuchungen *Shapleys* über die Sternhaufen gebracht³⁾. In Fortführung dieser geschahen eine Reihe kleinerer Berechnungen, von denen hier nur ein Ergebnis angeführt sei, daß nämlich die durchschnittliche Gesamthelligkeit eines kugelförmigen Haufens das ca. 300 000-fache der Leuchtkraft der Sonne ist. — Mit den beiden Reflektoren wurden ferner an 1500 Sternspektrogramme aufgenommen, die verschiedenen Arbeitsprogrammen angehören. Vor allem konnte eines abgeschlossen werden: die spektroskopische Bestimmung der Entfernung von ca. 1800 Sternen⁴⁾. — Soweit die astronomischen Arbeiten auf dem Mount Wilson; über die physikalischen mögen Berufenere als der Referent urteilen. Sie betreffen einmal Vorarbeiten zur Messung der Lichtgeschwindigkeit: die neuen Bestimmungen sollen an Genauigkeit den besten seitherigen Wert von *Newcomb* um ein Vielfaches übertreffen, dann „elektrische Ofenspektren“, Wellenlängennormalen usw.

Vorstehender knapper Bericht (der originale ist 60 Seiten lang) zeigt, wie auf allen Gebieten der Astrophysik das Mount Wilson Observatory führend ist. Glücklicherweise hat der Himmel Probleme übergenug, so daß uns bescheidener eingerichteten Europäern (Deutschen, Engländern⁵⁾, Italienern usw.) genug zu tun übrig bleibt. Neben Aufgaben der Astrophysik ist es das ganze Gebiet der klassischen Astronomie, des Meridiankreisdienstes usw. Zu Arbeiten, wie *Küstners* Katalog von 10 600 Sternen werden in späteren Jahrzehnten die Astronomen immer wieder greifen müssen, so wie uns heute die entsprechenden Arbeiten von *Bradley*, *Bessel*, *Argelander* usw. unentbehrlich sind; während manche der äußerlich viel glänzenderen Mount-Wilson-Beobachtungen als *Pionierarbeiten* vielleicht bald durch noch größere ersetzt werden.

J. Hopmann, Bonn.

¹⁾ Vgl. „Die Naturwissenschaften“ 1921, S. 87.

²⁾ Eine gerade abgeschlossene, noch nicht veröffentlichte Arbeit des Referenten bestätigt dies Ergebnis im allgemeinen: Die Mehrzahl der Spiralnebel ist heller als die Milchstraße, ein kleiner Teil ihr gleich oder schwächer.

³⁾ Vgl. „Die Naturwissenschaften“ 1920, S. 740 und 516.

⁴⁾ Vgl. „Die Naturwissenschaften“ 1921, S. 256.

⁵⁾ deren jetzter Jahresbericht erneut zeigt, wie hinsichtlich Klima, Ausrüstung usw. die deutschen und englischen Astronomen ziemlich gleich gestellt sind.

¹⁾ „Die Naturwissenschaften“ 1921, S. 104.

²⁾ Vgl. auch „Die Naturwissenschaften“ 1921, S. 382.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 23. (Seite 439—462)

10. Juni 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Gefäßreflexe. Von *U. Ebbecke*, Göttingen.
(Mit 2 Abbildungen.) S. 439.
Die drahtlose Telephonie. Von *A. Meißner*, Berlin.
(Mit 13 Abbildungen.) S. 445.
J. J. Balmer und *W. Ritz*. Von *A. Hagenbach*,
Basel. (Mit 2 Bildern.) S. 451.
Besprechungen:
Grammel, Richard, Der Kreisels. Seine Theorie
und seine Anwendungen. Von *M. Winkelmann*,
Jena. S. 455.
Wiener, Otto, Fliegerkraftlehre. Von *L. Hopf*,
Aachen. S. 457.
Bader, H. G., Grundlagen der Flugtechnik. Von
L. Hopf, Aachen. S. 457.

Zuschriften an den Herausgeber:
Zur Richtigstellung. Von *B. Bavink*, Bielefeld.
S. 457.
Geographische Mitteilungen. S. 458—459.
Angola. Zur Kenntnis der Panamäenge. Die
Sümpfe Georgias in den Vereinigten Staaten.
Ornithologische Mitteilungen. S. 459—460.
Ueber die Gestalten der normalen und abnormen
Vogeleier. Studie über die Gattung *Passerella*,
den Fuchssperling.
Berichte gelehrter Gesellschaften. S. 461—462.
Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der
Sächsischen Akademie der Wissenschaften. 1920.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschienen:

Handbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

Ein Lehr- und Nachschlagebuch der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Von

Dr. Eugen Nesper

Mit 1321 Abbildungen im Text und auf Tafeln

Zwei Bände in Ganzleinen gebunden Preis M. 390.—

Das Buch gibt nicht nur das vollständigste Übersichtsbild aller wichtigen Sender- und Empfangsanordnungen und Vorgänge der drahtlosen Nachrichtenübermittlung, die überhaupt bisher geschaffen und in der Praxis verwendet werden und wurden, sondern es beschreibt auch die Tippapparate, Maschinen und Stationen für alle Schwingungsarten, Meßinstrumente, Demonstrations- und Meßmethoden, drahtlose Telephonie, F-T im Eisenbahnverkehr usw. Ein umfangreiches, nach Gegenständen unterteiltes Literaturverzeichnis erlaubt es, sich in besonderen Spezialfragen durch Quellenstudium zu unterrichten. Durch besondere Verzeichnisse und Anordnung und Unterteilung des Stoffes ist ferner die Möglichkeit eines sofortigen Unterrichtes von Fall zu Fall gegeben.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung 10 20 30 40 1/2 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24. Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 236 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeniert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Planen i. V., Oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang } Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Berlin } Tauntenstr. 12 a. d. Kirche
} Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Die Anschaffung des (225)
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften
10 Bände in Halbleinen 1440 Mk., Auslandspreis 2880 Mk.,
erleichtert durch Verteilung des Betrages
auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10 1/2
Monatsraten. Das Werk wird sofort voll-
ständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.
H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Wirkung natürlicher und künstlicher Kohlensäurebäder
sowie der Hochfrequenzbehandlung bei Herzkranken, kontrolliert
durch die „plethysmographische Arbeitskurve“

Von Prof. Ernst Weber
Universität Berlin

Mit 47 Textabbildungen

(Sonderabdruck aus der „Zeitschr. f. d. ges. experimentelle Medizin“, Bd. VIII, Heft 1 u. 2, 1919.)

Preis M. 4.— (und Teuerungszuschlag)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

10. Juni 1921.

Heft 23.

Gefäßreflexe.

Von U. Ebbecke, Göttingen.

Das Blut, der Nährsaft der Zellen im vielzelligen Organismus, das innere Milieu, in dem sie leben, atmen und sich nähren, gewährt den Zellen möglichst gleichmäßige Lebensbedingungen, indem es in Temperatur, Gasgehalt, chemischer und osmotischer Zusammensetzung konstant gehalten wird. Da es hierfür bei dauerndem Verbrauch einer dauernden Erneuerung bedarf, wird es in ständigem Flusse an den Zellen und, zu Berührung und Austausch mit der Außenwelt, an den inneren Oberflächen von Lunge, Darmwand und Nieren vorbeigeführt. An dieser Stoffbeförderung auf dem Wege der Blutkanäle arbeiten Herz und Gefäße gemeinsam unter Steuerung durch nervöse Einflüsse. So wenig ohne das Pumpwerk des Herzens ein Kreislauf möglich ist, so wenig kann das Herz allein ohne Mitwirkung der Gefäße den Kreislauf unterhalten; denn sind die Gefäße schlaff und untätig, so ist die gesamte Gefäßhöhle zu groß für die vorhandene Blutmenge, das Blut verläuft sich in den peripheren Gefäßen, ohne zum Herzen zurückzukehren. Das Herz pumpt sich leer und der Mensch verblutet sich in seine Gefäße hinein. In manchen schweren Infektionskrankheiten ist, wie *Romberg* zeigte, die Todesursache, das Versagen des Kreislaufs, nicht auf Herzschwäche, sondern auf Gefäßschwäche zurückzuführen; schon die plötzliche Erweiterung des vom N. splanchnicus versorgten Gebiets der Eingeweidegefäße führt zum Kollaps. So eng verbunden ist die Arbeit von Herz und Gefäßen, daß es bei den am Kreislauf ausgeführten Messungen (Bestimmung von Blutdruck und Stromgeschwindigkeit; Pulsschreibung, auch nach den neuen Methoden der Bolometrie und Ergometrie; Volumenschreibung) durchaus nicht von vornherein klar ist, wieweit das registrierte Ergebnis auf diesen oder jenen Faktor zu beziehen ist und einen Rückschluß auf den Zustand des Herzens oder der Gefäße erlaubt. So schwierig ist die Trennung des Herzanteils und Gefäßanteils, daß beispielsweise die Tübinger medizinische Klinik, die sich über ein Jahrzehnt mit dieser Frage beschäftigt hat, neuerdings zu dem Entschluß gekommen ist, den Versuch als klinisch undurchführbar aufzugeben und sich auf die praktisch wichtige Funktionsprüfung des Gesamtkreislaufs zu beschränken. Das hindert nicht, daß die physiologische Forschung weiter daran arbeitet, die Gesamtleistung in ihre einzelnen Teilfunktionen aufzulösen und

den Mechanismus der nervös gesteuerten Gefäßtätigkeit klarzulegen.

I. Die Aufgaben der Gefäßreaktionen im Kreislauf.

Unter der zunehmenden Erkenntnis von der Wichtigkeit der aktiven Mitwirkung der Gefäße ist in den letzten Jahren eine Ansicht aufgetaucht, ähnlich wie in der Zeit nach *Henles* Entdeckung der glatten Gefäßwandmuskeln und vor *Volkmanns* Begründung der physikalischen Hämodynamik, nämlich, daß die Gefäße als „peripheres Herz“ selber durch peristaltisch ablaufende Kontraktionswellen das ihnen vom Herzen zugepumpte Blut weiterschieben (*Grützner, Hasebroek, Mareš*). Bei den Wirbellosen bietet das große Rückengefäß des Regenwurms, bei dem die Pumparbeit noch nicht an einer Stelle des Gefäßschlauchs zentralisiert ist, und bei den Wirbeltieren das „Venenerz“ in der Flughaut der Fledermaus ein gutes Beispiel für solche Gefäßperistaltik. Für den Kreislauf der Wirbeltiere hat aber die Diskussion keine sichere Bestätigung der Vermutung, wohl aber eine Reihe wichtiger Gegenstände gegeben. Die elektrischen Ströme, die im Rhythmus des Pulses an den Arterien gefunden und zunächst als Aktionsströme der auf den Dehnungsreiz der Pulswelle reagierenden glatten Muskeln gedeutet wurden, stellten sich als physikalisch bedingte „Strömungsströme“ heraus; die Abweichung im theoretisch berechneten und experimentell bestimmten Verlauf der Blutwelle („systolische Schwellung“) läßt verschiedene Deutungen zu; die in langsamem unregelmäßigen Tempo stattfindenden spontanen Kontraktionen der Arterien sind von einer regelrechten Peristaltik charakteristisch unterschieden und für eine Weiterbeförderung des Inhalts unzuweckmäßig (*Hürthle, Heß*).

Aber auch ohnedem sind die Aufgaben der Gefäßreaktionen für den Kreislauf mannigfaltig genug. Da, wie gesagt, die Blutmenge des Körpers verhältnismäßig klein ist und beim Menschen nur wenige Liter beträgt ($\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$ des Körpergewichts), müssen die Gefäßmuskeln durch dauernde Anspannung die Gefäßhöhle soweit verengen, daß aus ihr genügend Blut zum Herzen abfließt, um es immer neu zu füllen. Infolge der tonischen Gefäßverengung arbeitet nun das Herz gegen einen ziemlich erheblichen peripheren Widerstand, was sich in der Höhe des Blutdrucks äußert (gegen 120 mm Hg in den größeren Arterien). Doch bedeutet dieser Widerstand keineswegs eine Erschwerung der Herzarbeit, vielmehr

hat es das Herz leichter, seinen Inhalt nur in den durch Innendruck gespannten Anfangsteil der Gefäßbahn hinauszuschleudern, der, elastisch ausweichend, dann durch elastische Rückwirkung die Weiterbeförderung der neu aufgenommenen Blutmenge nach dem „Windkesselprinzip“ übernimmt, als wenn es durch weite, nicht elastisch beanspruchte Röhren hindurch die gesamte und dann entsprechend größere Blutmenge vor seinem zu entleerenden Schlagvolumen hertreiben müßte. Zugleich wird dadurch die rhythmisch beschleunigte in eine *gleichmäßige Strömung* umgewandelt, so daß das Blut in den Kapillaren für gewöhnlich nicht mehr pulsiert; eine Einrichtung, die für die äußerst zart gebaute, den Stoffaustausch ermöglichende Wandmembran der Kapillaren gewiß nicht gleichgültig ist. Allerdings kommt es bei manchen Erkrankungen, so bei Arteriosklerose und Nierenkrankheiten, vor, daß der periphere Widerstand durch Gefäßmuskeltonus zu groß wird, das Herz sich überanstrengt und erschöpft, sich unvollständig entleert und sich erweitert und Stauungserscheinungen auftreten. Hier scheinen die Gefäße dem Herzen unzweckmäßig entgegenzuwirken, und es ist Sorge des Arztes, den zu hohen Blutdruck herabzusetzen. Gerade daß die Bedeutung dieses Vorgangs nicht recht verständlich ist, macht die Kliniker geneigt, die geltende Auffassung von der Dynamik des Kreislaufes für unvollkommen zu halten und nach ergänzenden Theorien zu suchen. Doch sei hier ein Gedanke ausgesprochen, der an die Verhütung eines die Kapillarendothelien beanspruchenden Pulsierens anknüpft und eine Erklärungsmöglichkeit gibt. In den Anfangsstadien der Gefäßerkrankung (Präsklerose, Aortenentzündung) pflegen die elastischen Faserelemente der Gefäßwand am stärksten betroffen zu sein, die Gefäße werden dehnbarer und nachgiebiger als zuvor, das Pulsvolumen wird größer und häufig wird dabei Kapillarpuls beobachtet. Der Sinn des als Reaktion auftretenden gesteigerten Gefäßtonus wäre dann, den durch Schwund der elastischen Elemente verkleinerten Elastizitätskoeffizienten durch muskuläre Verdickung der Gefäßwand wieder auf die alte Höhe zu bringen, wobei freilich der eine Vorteil durch einen andern Nachteil erkauft würde. Wie auch sonst, etwa beim Fieber, hat der Arzt eine übermäßig starke Reaktion oder Überkompensation abzdämpfen.

Sorgt so der, je nach Pulsfrequenz, Schlagvolumen, Flüssigkeitsmenge und innerer Reibung nervös abzustufende Gefäßtonus für die Aufrechterhaltung des allgemeinen Blutdrucks, so hat er die andere Hauptaufgabe, den durch Herzkraft in schnelleren oder langsameren Umtrieb gesetzten Gesamtkreislauf für die einzelnen Unterabschnitte zu modifizieren und zu variieren im Sinne einer zweckmäßigen *Verteilung der beschränkten Blutmenge* auf die verschiedenen Gefäßgebiete.

Schon die mit jeder Änderung der Körper-

lage wechselnde Wirkung der *Schwerkraft* erfordert eine dauernde Ausgleichung, die sich so glatt vollzieht, daß wir nur in seltenen Fällen auf sie aufmerksam werden. Zu dem von der Herzarbeit herrührenden Innendruck, der die Gefäßwand ausdehnt, addiert sich der hydrostatische Druck der auf ihr lastenden Flüssigkeitssäule, was bei Blutdruckbestimmungen mit zu berücksichtigen ist. Denkt man sich als einfaches Modell zwei mäßig gefüllte Gummibeutel an einer Stange angebracht und durch einen Schlauch in Verbindung gesetzt, so ist leicht einzusehen, daß bei vertikaler Stellung die meiste Flüssigkeit im unteren Beutel enthalten ist und beim Hinlegen der Stange mehr Flüssigkeit in den andern Beutel fließt. Da das gleiche für Kopf und Beine eines Menschen zutreffen muß, so setzt es eher in Erstaunen, daß beim Aufrichten aus der Rückenlage der Mensch nur in manchen Schwächezuständen, etwa als Rekonvaleszent nach langer Bettlägigkeit, durch Schwindel oder Ohnmacht eine eintretende Blutleere des Gehirns bemerkt. Gewöhnlich wird die mechanische Änderung der Blutverteilung neben einer Änderung der Pulsfrequenz durch eine sofort eintretende aktive reflektorische Tonusänderung der Körpergefäße kompensiert. Erinnern wir uns, wie leicht Kinder und junge Menschen längeres Bücken oder gar senkrechtes Herabhängen des Kopfes vertragen, wobei der Erwachsene einen roten Kopf oder leichtes Schwindelgefühl bekommt, so sehen wir daran, wie doch die ausgleichende Promptheit und Leistungsfähigkeit der Gefäßreaktionen schon in verhältnismäßig frühem Alter nachläßt; sie bleibt nach Gehirnerschütterung und traumatischen Neurosen besonders stark geschädigt.

Für andere Zwecke ist es umgekehrt nötig, daß die Verteilung des Blutes im Körper ungleichmäßig wird. Die bei körperlicher Anstrengung gebildete Mehrwärme würde zu einer Überhitzung führen, wenn sie nicht gleich wieder entfernt würde, was zum großen Teil durch Strahlung und Leitung von der Haut aus geschieht. Indem die Arterien der Haut ihren Tonus vermindern, werden sie Bahnen geringeren Widerstandes, die Haut wird hyperämisch, erhält weit mehr Blut als sie für ihren eigenen Ernährungsbedarf nötig hätte, und das Blut hat Gelegenheit, auf seinem Wege unter der kühleren Oberfläche hin sich abzukühlen und zugleich die überschüssige Wärme aus dem Körperinnern abzuführen. Andererseits sichert die Verengung der Hautgefäße den Körper, nicht die Haut, vor Abkühlung unter die Norm. So sind die Hautgefäßreflexe ein wesentliches Mittel zur Regulierung und *Konstanthaltung der Körpertemperatur*.

Am häufigsten wird der Widerstand einzelner Gefäßstrecken deswegen variiert, weil ein Organ, das arbeitet, gegenüber der Ruhe einen auf das Vielfache gesteigerten Stoffwechsel hat und einer entsprechend erhöhten Blutzufuhr bedarf (*funktionelle Hyperämie*). Da nur ein gewisses

Blutquantum zur Verfügung steht, wird die vermehrte Blutversorgung an einer Stelle mit einer Verminderung an einer andern Stelle einhergehen. Obgleich meist ein Organ ruht, während ein anderes arbeitet, kann es doch dabei zu einem Wettstreit der Teile untereinander kommen, und es ergibt sich da gleichsam ein verwaltungs- und verkehrstechnisches Problem einer den verschiedenen Ansprüchen gerecht werdenden Verteilung der Nähr- und Brennstoffe im Organismus, das durch Zentralisierung gelöst wird.

Am wichtigsten ist es, daß für ein Organ unter allen Umständen die Durchblutung gesichert wird, ein Organ, das am meisten von einer reichlichen Blutzufuhr abhängig ist und bei ungenügender Versorgung am raschesten versagt, das *Gehirn*. Ähnlich wie während einer Hungerperiode das Gewicht des Gehirns verhältnismäßig weniger abnimmt als das anderer Organe, so wird trotz seiner hydrostatisch ungünstigen Lage das Gehirn in seiner Blutversorgung auf Kosten anderer bevorzugt. Von diesem Standpunkt aus stellt die Gefäßhöhle des ganzen übrigen Körpers ein Reservoir dar, aus dem das Gehirn schöpft, indem es die Weite des Reservoirs und damit die Menge, die daraus in die Schädelhöhle abfließt, nach Bedarf reguliert.

Haben wir somit die Leistungen aufgezählt, welche die Gefäßreaktionen durch Wechsel von Kontraktion und Erschlaffung normalerweise erfüllen, so ist nun der Mechanismus klarzulegen, durch den diese Regulationen zustande kommen; auf die finale Betrachtung folgt die kausale.

II. Der nervöse Mechanismus der Gefäßregulierung.

Wie seit *Goltz* bekannt, liegt dem Gefäßtonus ein den Gefäßmuskeln auf Nervenwege vermittelter zentraler Tonus zugrunde, der seinerseits durch zahlreiche zentripetale Erregungen beeinflusst wird. Wir haben also das auch sonst übliche Reflexschema vor uns mit Zentrum, zuführendem und abführendem Schenkel, haben allgemeine und lokale, drucksteigernde und -herabsetzende Reflexe zu unterscheiden und haben zuzusehen, wie im Einzelfall die Reflexwege beschaffen sind, wie die gefäßweitenden und gefäßengenden Nerven verlaufen, wo die Gefäßzentren zu lokalisieren und auf welche Weise sie zu beeinflussen sind.

Methodisch wird ein vasomotorischer Effekt nach seinen verschiedenen Symptomen beurteilt und gemessen durch Beobachtung der Färbung und der Temperatur, Messung des Volumens eines im Plethysmographen eingeschlossenen Gliedes oder eines in einer passenden Onkographenkapsel befindlichen Organs, Messung der durch die zuführende Arterie oder aus der abführenden Vene in der Zeiteinheit fließenden Blutmenge oder Blutdruckbestimmung. Jede dieser Methoden ist unter Umständen die zweckmäßigste. Die seit *Fick* und *Mosso* eingeführte Plethysmographie ist zuletzt besonders von *E. Weber* mit gutem

Erfolg gehandhabt; daß auch die einfache genaue Beobachtung der Farbänderungen neue Resultate gibt, zeigten Untersuchungen von *L. R. Müller* und von *Ebbecke*; die Temperaturänderungen verwertete *Stewart* in einer neuen Methode, indem er durch Eintauchen einer Hand oder eines Fußes in ein kleines Wasserkalorimeter aus der Temperaturzunahme der eingeschlossenen Wassermenge auf die in der Zeiteinheit pro 100 ccm Körpersubstanz durchfließende Blutmenge schloß.

Für die gefäßengenden (*vasokonstriktori-schen*) Bahnen gelten alle die Regeln, die für die sympathischen Nerven mit der *Langley'schen* Nikotinmethode festgestellt sind. Nach einer Unterbrechung im sympathischen Ganglion schließen sie sich dem Verlauf der cerebrospinalen Nerven an, wie es gewöhnlich, so bei den Hautgefäßnerven (*Trotter* u. *Davies*), der Fall ist, oder folgen, zu Eingeweiden und Gehirn, der Bindegewebsscheide der Gefäßstämme. Eine noch nicht ganz geklärte Sonderstellung nehmen Lungengefäße, Kranzgefäße des Herzens und Gehirngefäße ein. Die Kapillaren sind, wie *Steinach* und *Kahn* an den Kapillaren der Froschniekhaut experimentell festgestellt und *Kukulka* kürzlich mit der Adrenalinmethode bestätigt haben, ebenfalls mit Vasokonstriktoren versorgt.

Da die Vasokonstriktoren dem sympathischen Nervensystem angehören, ist zu erwarten, daß ihre Antagonisten, die *Vasodilatoren*, die Hemmungsnerven des Gefäßtonus aus dem „parasympathischen“ System stammen. Das trifft vielleicht für die gefäßweitenden Nerven des Kopfes (Trigeminusäste, Chorda tympani) und den N. erigens zu, nicht aber für die Hautgefäßweiterer von Rumpf und Gliedern. Nachdem schon *Stricker* gefunden hatte, daß sie, abweichend von der Regel, in den hinteren Rückenmarkswurzeln austreten, zeigte *Bayliss*, daß sie sich in ihrem Verlauf in nichts von den gewöhnlichen Nervenfasern der Hinterwurzeln unterscheiden, ihren Zellkörper im Spinalganglion haben und zu peripheren Ganglien in keine Beziehung treten. So faßt *Bayliss* jene Fasern als wirkliche sensible Fasern auf, die zugleich in entgegengesetzter Richtung, antidrom, leiten können und bei ihrer Endverästelung in der Haut kollaterale Fasern zu den Gefäßen abgeben. Eine andere Möglichkeit ist, daß jene sensibeln Fasern die Gefäßweite indirekt durch Änderung des Gewebsstoffwechsels beeinflussen (*Ebbecke*).

Für die *Gefäßzentren* ist die aus den *Goltz'schen* Reflexuntersuchungen gewonnene Lehre von den Zentren erster, zweiter und dritter Ordnung (bulbäre, spinale und periphere vasomotorische Zentren) hauptsächlich für die höchsten cerebralen und niedrigsten vaskulären Zentrenfunktionen erweitert und modifiziert worden.

Das den Gefäßtonus beherrschende Zentrum liegt im *Kopfmark*, dem Facialiskern benachbart. Trotz neuerdings geäußerter Zweifel ist der experimentelle Befund, daß Zerstörung dieser Stelle und Halsmarkdurchschneidung unterhalb

dieser Stelle stärkste Blutdrucksenkung (Gefäßschok) bewirkt, während ein oberhalb davon durch den Hirnstamm gelegter Schnitt den Gefäßtonus bestehen läßt, unwiderlegt.

Unterzentren liegen in den verschiedenen Segmenten des Rückenmarks. Daß während einer durch Kokainisierung des vierten Ventrikels erzielten zeitweiligen Blutdrucksenkung keine Gefäßreflexe nachweisbar sind (*Aducco, Arthus*), spricht nicht dagegen. Denn untergeordnete Zentren stellen nach Abtrennung von den normalen anregenden Impulsen der Oberzentren, wie *Trendelenburg* mit seiner Methode der Durchkühlung und *Ebbecke* für die Narkosenwirkung zeigten, zunächst ihre Funktion ein und werden erst nach längerer Zeit selbständig. Auch an Tieren mit durchschnittlichem Rückenmark, die längere Zeit am Leben geblieben sind, steigert noch eine Erstickung den Blutdruck, freilich erst bei einem Kohlensäuregehalt des Blutes von 25 %, während das empfindlichere Kopfmarkzentrum schon auf 5% reagiert.

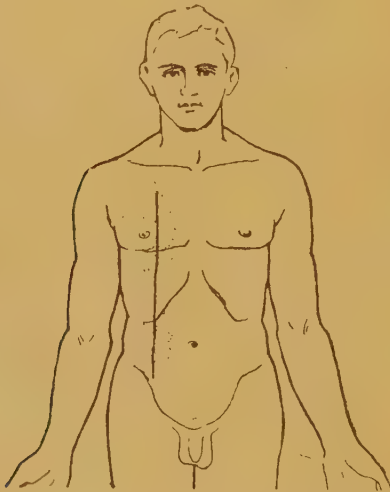


Fig. 1. Aus *L. R. Müller*, Studien über den Dermographismus und dessen klinische Bedeutung, Ztschr. f. Nervenheilk. Bd. 47/48, 1913.

Sehr anschaulich zeigte *L. R. Müller* die Wirksamkeit der Rückenmarkszentren beim Menschen an Kranken mit Querschnittsverletzung des Rückenmarks, durch Verwendung der *Hautgefäßreaktion*. Wie Fig. 1 zeigt, ist der durch direkte mechanische Reizung bedingte rote Streifen umsäumt von einem schmalen, unregelmäßig nach beiden Seiten hin auslaufenden Rande (Reflexerythem), der nur an der, dem verletzten Rückenmarksegment entsprechenden Stelle ausfällt, ober- und unterhalb davon aber erhalten ist, was zur Lokalisation einer Rückenmarkserkrankung dienen kann. Am reinsten und ausgedehntesten kommt die Reaktion bei Verwendung punktförmiger Schmerzreize zum Vorschein (*Ebbecke*) und läßt sich so zur objektiven Prüfung einer peripheren sensiblen Lähmung heranziehen. Die Reaktion entspricht völlig dem von *Lovén* im Tierversuch,

an den Ohrgefäßen und der *A. saphena* des Kaninchens gefundenen Gefäßreflex, der mit lokaler Gefäßerweiterung und zugleich wie jede durch Intensität (Schmerzreiz) oder Ausbreitung (Anblasen einer großen Hautfläche) ausgezeichnete Reizung mit allgemeiner Blutdruckerhöhung einhergeht.

Dabei wird der tonusändernde Einfluß den Gefäßzentren auf dem Wege der gewöhnlichen sensiblen Fasern zugeleitet. Auch die, oft bestrittene, Sensibilität der Eingeweide läßt sich auf diesem Wege nachweisen, sofern nur für adäquate Reizung gesorgt ist; beispielsweise gibt im Tierexperiment Dehnung der Harnleiterwand ein Ansteigen des Blutdrucks. Einzig der „Ventilnerv“ der Aorta, der *N. depressor*, der, durch Dehnung der Aorta gereizt, ein zu hohes Ansteigen des Blutdrucks verhindert, vermittelt immer nur Blutdrucksenkung. Ob auch sonst von den zahlreichen Nervenfasern, die in der Wand sämtlicher Gefäße verlaufen, einige als zuleitende druckregulierende Bahnen wirken, ist experimentell noch nicht sichergestellt, wenn auch wahrscheinlich. Von ganz verschiedenen Seiten kommen sowohl *R. Thoma* wie *Mareš* wie *R. C. Heß* dazu, eine Druck und Gefäßweite lokal regulierende Arteriensensibilität zu postulieren. In der Temperaturempfindung ist nach *Ebbecke* eine Komponente enthalten, die zu dem eigentümlichen, diffusen und schwer zu lokalisierenden, unter Umständen bis zu leiser Schmerzhaftigkeit gesteigerten Gefühl des Fröstelns führt, wie es mit jeder starken Hautgefäßverengung verbunden ist und, im Schüttelfrost, sogar bei erhöhter Hauttemperatur vorkommt; diese Komponente stellt ein „Tonusgefühl“ der Gefäße dar, das von sensiblen Fasern der Gefäßmuskeln vermittelt wird. Nach amerikanischen Autoren lassen sich an decerebrierten Tieren drucksenkende Reflexe bei faradischer Reizung zentraler Nervenstümpfe allgemein erzielen, wenn man Reizstärken nahe der Reizschwelle verwendet, und sind besonders leicht vom *N. splanchnicus* her auszulösen, so daß der sensible *Splanchnicus* direkt als *N. depressor* der Eingeweidegefäße angesprochen wird.

Auf einen recht eigenartigen Reflex oder Pseudoreflex hat *Bruce* aufmerksam gemacht. Nachdem *Spies* den Einfluß nervöser Über- oder Unempfindlichkeit auf den Verlauf einer Entzündung hervorgehoben hatte, stellte *Bruce* Versuche an der empfindlichen Bindehaut des Auges beim Kaninchen an. Die durch Einträufeln von Senföl gesetzte heftige Entzündung bleibt nach Kokainisierung aus. Ähnlich wirkt Durchschneidung der die Bindehaut versorgenden sensiblen Trigeminasäste, wenn genügend Zeit bis zur Degeneration der durchtrennten Fasern vergangen ist. In den ersten acht Tagen aber verläuft die Entzündung wie bei erhaltenen Nerven. Hieraus schließt *Bruce* auf das Vorkommen eines nicht durch das Rückenmark vermittelten Reflexes. Da nun nach *Langley* die peripheren sympathischen Ganglien

keine reflexvermittelnden Stationen, sondern nur Relaisstationen sind, welche die ihnen von Oberzentren zugeleiteten Impulse verstärken und verteilen, könnte die Erregung durch „Axonreflex“ vom peripheren Ende sensibler Fasern auf unweit davon abgehende Gefäßkollateralen übertragen sein. Außer auf die Möglichkeit, daß auch hier ein Einfluß der noch nicht degenerierten sensiblen Endorgane auf den Gewebstoffwechsel und indirekt auf die Gefäße vorliegt, ist hier auf den histologischen Befund hinzuweisen. Genaue Durchmusterung der Gefäßwände zeigt die überall vorhandenen, begleitenden und umspinnenden, die Media versorgenden und auch bis in die Intima vordringenden Nervenfasern und Nerven-netze (Müller und Glaser, Bethe); Ganglienzellen freilich sind, bei Anwendung der Rongalitweißmethode, nur in den Eingeweide- und Gehirngefäßen, nicht in denen der Extremitäten auffindbar (Glaser). Es könnte somit eine Reflexvermittlung durch periphere Nerven-netze analog den Nerven-netzen wirbelloser Tiere stattfinden, wobei zu erwarten ist, daß mit zunehmender Reizstärke die Reaktion immer weiter in die Umgebung hinein ausstrahlt.

Auch entnervte, anfangs gelähmte Gefäße gewinnen allmählich ihren Tonus wieder, der unter Umständen sogar größer als der normale werden kann, und bleiben für allerlei — chemische, thermische, mechanische — Reize beeinflussbar. Um dies zu erklären, waren Zentren dritter Ordnung in der Gefäßwand selbst angenommen worden. Doch haben sich, wie gesagt, die hypothetisch postulierten Ganglienzellen der Gefäßwand nicht finden lassen. Da an Gliedern mit degenerierten Nerven die vasomotorischen Reaktionen immer scharf auf den direkt gereizten Bezirk beschränkt bleiben, so versagt auch die Erklärung mit der Nerven-netzleitung. Wir haben es also mit nicht nervös bedingten Reaktionen zu tun. Aus anderen Gründen kommt Bayliss dazu, von einem „Substanztonus“ der Gefäße zu sprechen und die von ihm gefundene Gefäßzusammenziehung auf passive Dehnung des Gefäßlumens — soweit sie nicht durch eine vermehrte Adrenalin-ausschwemmung aus den Nebennieren bedingt ist (v. Anrep) — der Automatie glatter Muskelfasern zuzuschreiben. Weitere Äußerungen einer peripheren Automatie sind die an den Arterien des Kaninchenohrs (Schiff), der Froschschwimmhaut (Stepanow), an den Kranzgefäßen (Krawkow) und der menschlichen Hand (Ebbecke) zu beobachtenden spontanen rhythmischen Tonuschwankungen, die auch nach Entnervung vorkommen und deren Sinn vielleicht in entsprechenden Schwankungen der Gewebsatmung zu suchen ist. Am exaktesten ist die neuerdings ausgebildete Methode der Beobachtung ausgeschnittener, in sauerstoffdurchspülter Ringerlösung aufgehängter Arterienstreifen, die überlebend Reaktionen und Spontanbewegungen zeigen (Mac Williams, O. B. Meyer, Full, Günther, S. Weiß, H. Friedmann,

Rothlin), obgleich auch hier die Entscheidung zwischen nervösem und muskulärem Ursprung der Bewegungen schwierig ist.

Sind demnach an der äußersten Peripherie der Gefäßreaktionen neue Befunde und neue Fragen aufgetaucht, wo aus nervösen Reaktionen schließlich eng beschränkte muskulärprotoplasmatische Reaktionen werden, so ist auch nach der andern Seite hin das Gebiet erweitert, wo die nervösen Reaktionen zu cerebralen und psychischen Reaktionen werden.

Aus seinen Versuchen schließt E. Weber auf das Vorhandensein eines oberhalb des Vasomotorenzentrums gelegenen Sonderzentrums für die Hirngefäße, das unabhängig vom allgemeinen Tonus und Blutdruck die Weite der Hirngefäße reguliere. Doch ist die Deutung der Versuchsergebnisse nicht ganz sicher und gerade in bezug auf die Hirngefäße noch mancher Widerspruch zwischen den Autoren vorhanden.

Daß das Kopfmarkzentrum, dessen Tonus im übrigen von der Blutbeschaffenheit und von den aus allen Körpergebieten zu ihm gelangenden afferenten Impulsen bestimmt wird, auch zahlreichen cerebralen Einflüssen unterliegt, ist ohne Zweifel. Wollte man alle die Stellen, deren Reizung einen vasomotorischen Erfolg hat, als Vasomotorenzentren bezeichnen, so gäbe es deren wohl ebensoviel im Gehirn als „Fieberzentren“ angeführt werden. Doch scheint besonders das „Eingeweide- und Stoffwechselzentrum“ im Zwischenhirn ausgezeichnet, bei dessen Reizung in der Gegend des Hypothalamus Karplus und Kreidl starke Gefäßwirkungen registrierten.

Aus dem Abweichen der Gefäßreflexe beim enthirnten Tier von den gewöhnlichen am Menschen plethysmographisch registrierten Gefäßreaktionen ist der Schluß gezogen, daß die letzteren Reflexe meist cerebral vermittelt seien, und tatsächlich sind die aus dem täglichen Leben bekannten Gefäßreflexe, die wir schon nach den Änderungen der Gesichtsfarbe, dem Wechsel von Kühle und Wärme der Hände oder den scheinbaren Änderungen in der Weite eines bald lose, bald fest sitzenden Fingerrings beurteilen können, trotz ihrer Unwillkürlichkeit besonders eng mit psychischen Vorgängen und Affekten verknüpft. Freude, Zorn, Scham, Schreck, Angst, auch Müdigkeit und aufmerksame Spannung spiegeln sich so deutlich im Verhalten der Gefäße, daß sogar die Meinung entstehen konnte, die Gefäßreflexe seien die Ursache, nicht eine Folge der Gemütsbewegungen, und daß die Gefäßreflexe den größten Teil dessen ausmachen, was E. Weber unter dem Titel „Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper“ schildert. Indem Weber die Blutfüllung und deren reaktive Änderung an möglichst vielen Körpergebieten untersuchte und in Beziehung zueinander brachte, vervollständigte er die von Mosso, A. Lehmann, Berger und Brodmann gewonnenen Daten. Hier sei die Tabelle wiedergegeben, in der er die Resultate übersicht-

lich zusammenstellt, wobei + Zunahme, — Abnahme der Blutfülle bedeutet.

	Gehirn	Äußere Kopf-teile	Bauch-organe	Glieder und äußere Rumpf-teile
Bewegungsvorstellung.....	+	—	—	+
Geistige Arbeit	+	—	+	—
Schreck.....	+	—	+	+
Lustgefühl.....	+	+	—	+
Unlustgefühl..	—	—	+	—
Schlaf.....	+	—	—	+

Daß bei Kältereizen die Blutfülle der Oberfläche und Gliedmaßen zwecks Beschränkung der Wärmeverluste abnimmt, bei körperlichen Bewegungen zwecks reichlicher Ernährung der arbeitenden Muskeln zunimmt, ist ohne weiteres verständlich. Bemerkenswert ist aber, daß es zum Zustandekommen der Reaktion nicht des wirklichen Eintretens von Kälte oder Muskulararbeit bedarf, sondern daß, ebenso wie beim psychogalvanischen Reflex, schon die Anticipation des Ereignisses in der Vorstellung genügt, um den gleichen Erfolg auszulösen. Ein Mensch, bei dem, etwa durch Auflegen von Eis oder Aufsprühen von Chloräthyl auf die Haut, ein Kälteversuch vorgenommen war, reagiert mit Gefäßverengung bereits auf die Ankündigung, daß nun wieder ein Kältereiz folgen werde. Nimmt sich jemand fest vor, mit einem Arm eine kräftige Bewegung auszuführen, die er aber zunächst noch unterläßt, so erweitert das schon die Gefäße dieses Arms, wie Weber am deutlichsten an hypnotisierten Versuchspersonen, bei denen ablenkende Nebeneindrücke und Nebenvorstellungen fehlen, demonstrieren konnte. Entsprechend fand er auch an Tieren, die durch Kurare bewegungslos gemacht waren, elektrische Reizung der motorischen Rindenfelder vasodilatatorisch wirksam. Wie sich hieraus ergibt, gehen zugleich mit den gewöhnlichen motorischen Impulsen vasomotorische Impulse von der Hirnrinde aus, die durch Vermittlung des Kopfmittelzentrums und der Rückenmarkszentren den Blutdruck und den Blutgehalt der Bewegungsorgane, in erster Linie des zu bewegenden Gliedes, beeinflussen. Diese experimentell demonstrierte psychische Beeinflussbarkeit der Gefäße und des Blutdrucks spielt im täglichen Leben eine große Rolle und ist auch ärztlich recht wichtig.

Neuerdings haben die Untersuchungen noch in zweifacher Hinsicht praktische Bedeutung gewonnen. Weber fand, daß in Ermüdungszuständen und bei Krankheiten eine Umkehr der Reaktion eintritt, die auch zur objektiven Beurteilung solcher Zustände verwertet werden kann. Wenn sonst an einem ruhig sitzenden Menschen, dessen einer Arm in Herzhöhe in einem Plethysmographenzylinder untergebracht ist, auf kräftige

Dorsalbewegung eines Fußes hin die graphisch registrierte Volumenkurve ansteigt (Fig. 2), so bewirkt nach Ermüdung, etwa durch Dauerlauf, anstrengende Marsch- oder Schwimmübung, dieselbe Fußbewegung im Gegenteil ein Absinken der Kurve. Der Vorteil der allerdings, wie Weber hervorhebt, schwierig zu handhabenden Methode liegt darin, daß nun der Untersucher nicht mehr auf den allgemeinen Eindruck, auf unsichere Angaben oder, wie beim Ergometer, auf den guten Willen der zu untersuchenden Person angewiesen ist, sondern mit objektivem Maß feststellen kann, wie leistungsfähig oder ermüdbar, wieweit trainiert oder durch Training beeinflussbar ein Mensch ist, welche Erholungszeit er braucht und welche Momente die Erholung begünstigen.

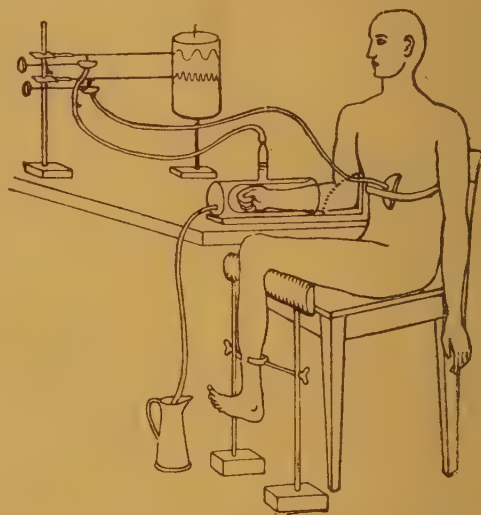


Fig. 2. Aus E. Weber, Die Wirkung natürlicher und künstlicher Kohlensäurebäder sowie der Hochfrequenzbehandlung bei Herzkranken, kontrolliert durch die „plethysmographische Arbeitskurve“, Ztschr. f. d. ges. exper. Medizin Bd. 8, 1919, S. 2.

Bei einer Reihe krankhafter Zustände ist die Umkehr der Gefäßreaktion in ihr Gegenteil nicht eine zeitweilige Ausnahme, sondern eine Dauererscheinung, und zwar sind das Zustände, bei denen eine quantitativ oder qualitativ ungenügende Blutversorgung und Ernährung der Großhirnrinde vorliegt: schwere Chlorose, Diabetes, Infektionskrankheiten und Herzinsuffizienz. Für die auf Herzinsuffizienz beruhende „negative Arbeitskurve“ hat Weber die Methode genau ausgearbeitet, so daß er imstande ist, aus den Modifikationen der Kurve bestimmte diagnostische Schlüsse zu ziehen. So bedeutet eine positive, aber trög abfallende Kurve Venenstauung und Funktionsschwäche des rechten Herzens, eine nachträglich ansteigende Kurve Hypertrophie des linken Ventrikels und Überkorrektion, wobei die vermehrte Herzarbeit die gefäßverengenden Impulse überdauert, und eine nachträglich absinkende Kurve das Überdauern der Gefäßkontraktion über die Herzbeschleunigung. Differentialdiagnostisch wertvoll ist, daß rein funktionelle,

neurasthenische Herzbeschwerden keine negative Arbeitskurve machen. Andererseits können auf diese Weise therapeutische Maßnahmen objektiv kontrolliert werden. Weber konnte so den, wenn auch kurzdauernden, Nutzen einer Sauerstoffeinatmung, die für längere Zeit anregende Wirkung von Kältereizen, von Herzmassage und Bauchmassage, den Erfolg einer Digitaliskur oder einer Hochfrequenzbehandlung an der Veränderung des Kurventypus zeigen und konnte verfolgen, wie es durch individualisierende Behandlung mit Kohlensäurebädern gelingt, eine negative Arbeitskurve dauernd in eine positive umzuwandeln. Dabei zeigte sich zugleich die günstigere Wirkung natürlicher Kohlensäurebäder gegenüber künstlichen, verdeckter Bäder gegenüber solchen, wo der Kranke die Kohlensäure einatmet, und die unter Umständen auch schädliche Wirkung des Kohlensäurebads auf manche Herzkranken. So ist die theoretische Arbeit schließlich der Praxis zunutze gemacht.

Theoretisch ist die Umkehrbarkeit der Gefäßreaktion, die mit früheren Befunden an chloroform- oder chloralbehandelten Tieren übereinstimmt, ein Hinweis darauf, wie abhängig gerade die Großhirnrinde von ihrer Blutversorgung und wie leicht sie umstimmbar ist. Hier sind wohl die von Sherrington und Graham Brown beschriebenen *Umstimmungen kortikaler Reaktionen* heranzuziehen, bei denen elektrische Reizung eines und desselben motorischen Rindenpunktes bald Flexion, bald Extension ergibt, je nachdem wieviele oder wie langdauernde Reizungen dieses Punktes oder benachbarter Punkte vorangegangen waren; auch an Rückenmarkstieren sind experimentelle Reflexumkehrungen beobachtet (Sherrington, Verzáar). Es münden da die Probleme der Gefäßreflexe in das Gebiet der allgemeinen Reflexphysiologie ein.

Die drahtlose Telephonie.

Von A. Meißner, Berlin.

Die Grundlage für jede drahtlose Telephonie ist die Übertragung der menschlichen Sprache durch elektrische Schwingungen, elektrische Wellen, welche von einer Sendeantenne aus nach allen Richtungen im Raume fortschreiten. Zwischen den beiden Sprechenden sind keine leitenden Verbindungen vorhanden. Sie können sich beliebig im Raume, in beliebigen Fahrzeugen (Schiff, Luftschiff) bewegen. Vorausgesetzt der Sender ist genügend stark, kann jeder mann in einem Umkreis von mehreren 100 km mithören, leider auch der, für welchen das Gespräch nicht bestimmt ist. Dabei ist die Möglichkeit vorhanden, daß eine ganze Reihe von drahtlosen Gesprächen gleichzeitig geführt wird. Die Gespräche lassen sich leicht trennen durch Wahl verschiedener Frequenzen der Schwingungen (Wellen) und Resonanzabstimmung im Empfänger.

Für die Übertragung eignen sich nur unge-

dämpfte kontinuierliche Schwingungen (Fig. 1). Werden diesen durch ein Mikrophon Schwankungen aufgedrückt (Fig. 2), quantitativ übereinstimmend mit den beim Sprechen auftretenden Variationen, so werden auch diese Hochfrequenzsprechschwankungen durch die Strahlung über die Erdoberfläche hinweg unverändert übertragen und werden von jedem gewöhnlichen drahtlosen Empfänger (Antenne mit Detektor)

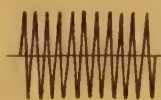


Fig. 1. Ungedämpfte kontinuierliche Schwingungen.

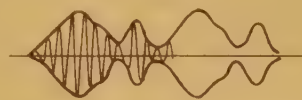


Fig. 2. Durch mikrophonisches Besprechen verursachte Kurvenform.

quantitativ im richtigen Sinne wiedergegeben und dem Ohr hörbar gemacht.

Die Aufgaben, welche die drahtlose Technik zu lösen hatte, waren: die Erzeugung konstanter ungedämpfter Schwingungen, die Schaffung eines geeigneten „Mikrophons“ zur Beeinflussung dieser Schwingungen und die Ausbildung der Apparate derart, daß jeder beliebige Teilnehmer, ohne Physiker oder Ingenieur zu sein, ein drahtloses Telefongespräch führen kann. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, obige Probleme restlos zu lösen, vor allem durch die Ausgestaltung der Kathodenröhren als Empfangsverstärker, als Generator und als Starkstrommikro-

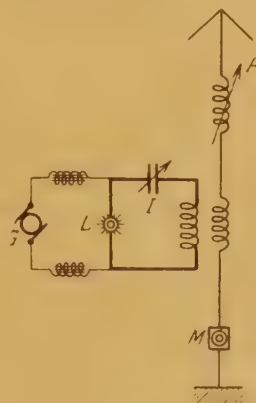


Fig. 3. Einfachste und älteste Anordnung zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen in der drahtlosen Telephonie.

phon, in der Hauptsache das Verdienst der „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie“.

Die ungedämpften Schwingungen in der drahtlosen Telephonie können auf verschiedene Art erzeugt werden: durch einen Lichtbogen, eine Hochfrequenzmaschine und einen Kathodenröhrengenerator. Die Anordnungen, durch welche sie von der Sprache beeinflusst werden, sind bei allen drei Verfahren prinzipiell dieselben. Die einfachste und älteste Anordnung zeigt Fig. 3. Ein Lichtbogen *L* erzeugt in einem Schwingungskreis *I* ungedämpfte Schwingungen. *G* ist eine Gleichstrommaschine für etwa 500

Volt. Die Schwingungen werden durch induktive Kopplung auf die Antenne *A* übertragen und durch das Mikrophon *M* von der Sprache beeinflusst. Im Mikrophon, diesem primitivsten Apparat, der aus nichts weiter besteht als aus einer dünnen Kohlenplatte, die beim Besprechen mehr oder weniger gegen einige Kohlenkörner drückt, hat uns, man möchte fast sagen der Zufall, eine Anordnung gegeben, deren elektrischer Widerstand in unerwarteter und idealster Weise all den komplizierten Schwingungen folgt, aus denen die Sprache besteht. Und die Sprache gehört doch wirklich zu den kompliziertesten physikalischen Gebilden; so besteht z. B. der Vokal „a“ einer Männerstimme in „Vater“ aus nicht weniger

phonie breitet sich ja die Sendeenergie von der Antenne nach allen Richtungen im Raume aus, zerstreut sich nach allen Richtungen wie das Licht einer Lampe. Man benötigt dementsprechend im Energiezentrum große Energien und kann nicht mehr, wie bei der gewöhnlichen Telephonie, mit $\frac{1}{10}$ bis $\frac{2}{10}$ Watt für die Übertragung auskommen. Das Mikrophon verträgt aber nur ganz schwache Ströme, höchstens $\frac{3}{10}$ bis $\frac{1}{10}$ Amp. Bei höherer Belastung erhitzen sich die Körner und backen zusammen. Man versuchte zunächst, viele Mikrophone parallel zu schalten, die gemeinsam besprochen wurden (Fig. 5).

Zu jedem Mikrophon führt vom Sprechtrichter



Fig. 4. Oszillographische Aufnahme des „a“ einer Männerstimme in „Vater“.

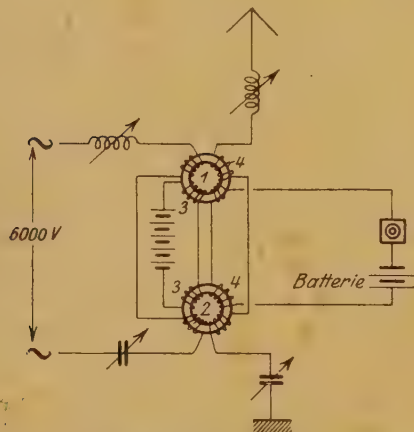


Fig. 6. Zur Verstärkung der Sendeenergie: Erzeugung von sehr kräftigen Oberschwingungen der ursprünglichen Frequenz (Verdopplung).

als 12 verschiedenen Tönen, d. h. erst mit 12 verschiedenen Pfeifen gelingt es, den Vokal richtig nachzuahmen. Würde das Mikrophon nur *einige* von den 12 Tönen wiedergeben, könnte man wohl vielleicht noch den Vokal, aber nicht mehr die Stimme erkennen; Fig. 4 zeigt eine oszillographische Aufnahme dieses „a“.

All den hier auftretenden feinen Schwingungen folgt der Widerstand des Mikrophons beim Besprechen und dadurch auch der Strom der Antenne, die ausgestrahlte Energie, der Strom in einer entfernten Empfangsantenne und natürlich ebenso der über einen Detektor gleichgerichtete Wechselstrom im Hörer des Teilnehmers. Während bei der normalen Telephonie durch die langen Leitungen Verzerrungen hineingebracht werden, ist die Hochfrequenzsprache ganz frei davon und rein. — Die Anordnung der Fig. 3 zeigte vor allem den Mangel, daß das Mikrophon nicht ausreichte. Bei der Strahlungstele-

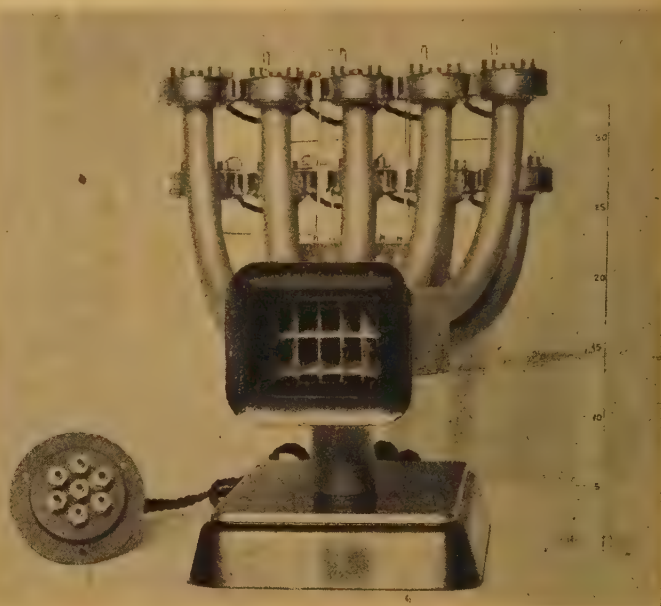


Fig. 5. Zur Verstärkung der Sendeenergie: „Starkstrommikrophon“ in Gestalt von 10 parallel geschalteten Mikrophonen.

eine Röhrenleitung. Die Mikrophone liegen alle horizontal. Auf mehr als 10 Mikrophone läßt sich aber die Sprechenergie auch nicht verteilen. Eine Lösung konnte hier nur in der Art gefunden werden, daß die Sprache verstärkt, relaisartig auf die Hochfrequenzströme einwirkt. Eine ideale Anordnung ergab sich seinerzeit aus der Entwicklung der nach dem Verdopplerprinzip arbeitenden Hochfrequenzmaschinen. Hier werden die größten Wechselstromenergien mittels gleichstrom-magnetisierter Eisenkerne erzeugt und durch den erzeugenden Gleichstrom leicht gesteuert.

Fig. 6 zeigt die Verdopplungsanordnung von Telefunken. Den Kernen 1 und 2 wird ein Wechselstrom von irgendeiner Frequenz (z. B. $n = 6000$ Perioden p. Sek.) zugeführt. Läßt man durch die Wicklung 3 gleichzeitig Gleichstrom fließen, der eine fast ebenso große Sättigung im Eisen erregt wie der Wechselstrom, so entsteht

eine sehr heftige Verzerrung des Feldes im Kern und damit auch eine vollkommene Verzerrung der Kurvenform des Wechselstromes. Bringt man auf jedem Kern noch eine dritte Wicklung an (4, hier gleichzeitig in der Antenne liegend) und schaltet die Wicklungen auf beiden Kernen im entgegengesetzten Sinne, so ist durch die Gegenschaltung der Wicklungen verhindert, daß die ursprüngliche Frequenz übertragen wird. Dagegen können die hier sehr kräftig entwickelten *Oberschwingungen* der ursprünglichen Frequenz übertragen werden und es ergibt sich, daß bei der Schaltung nach Fig. 6 am besten die doppelte Frequenz aus der verzerrten Kurvenform herausgeholt werden kann, und zwar mit einem ausgezeichneten Wirkungsgrad — wir verlieren kaum 10 % unserer ursprünglichen Energie. Das Verfahren kann mehrfach hintereinander angewendet werden, bis die für die Strahlungswirkung in der Antenne notwendigen hohen Frequenzen erreicht sind. Es zeigt sich nun, daß man bei diesem Umformungsprozeß

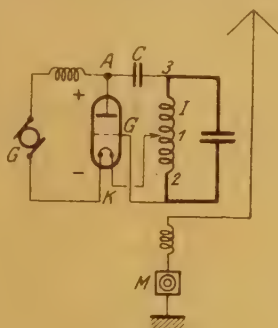


Fig. 7.
Erzeugung von Schwingungen mit Hilfe der Verstärkerröhre.

für ganz große Wechselstromenergien nur sehr geringe Gleichstromenergien benötigt, und daß geringe Änderungen des Gleichstromes schon starke Änderungen der umgeformten Energien bzw. des Antennenstromes hervorrufen. Führt man dementsprechend durch diese Steuergleichstromwicklungen von einem Mikrophon erzeugte Sprechwechselströme, so kann man ohne weiteres im Rhythmus der Sprache den Antennenstrom beeinflussen. In der Fig. 6 sind die vom Mikrophon kommenden Sprechströme durch eine gesonderte Zusatzwicklung (4) geführt. Es werden also nicht die ganzen für die Umformung erforderlichen Gleichstromwicklungen für die Telephonie ausgenutzt, sondern nur ein Teil. — Mit einer solchen Anordnung gelang es schon 1912/1913, mit 5 kW Antennenenergie von Nauen aus zeitweilig mehr als 1000 km telephonisch zu überbrücken. Bei den neuen großen Anlagen für 100 bis 400 MK wird vielfach die Funktion der Energieerzeugung und der Energiebeeinflussung, welche hier von denselben Eisenkernen ausgeführt wird, getrennt, d. h. neben den der Energieumformung dienenden Verdopplungskernen wird noch ein gesondertes, ebenso wie Fig. 6 gebautes Kernsystem in oder

an den Antennenkreis gelegt, welches die Sprachbeeinflussung übernimmt. Ebenso wie oben wird die Sättigung und damit die Selbstinduktion dieser Kerne durch den Gleichstrom bzw. die Sprachwechselströme relaisartig verändert. Es wird dadurch die Antenne gegen die zugeführte Frequenz aus der Resonanzabstimmung gebracht, so daß der Antennenstrom und damit Strahlung nach außen schwankt. — Die Sprachenergie eines Mikrophons genügt freilich hier auch noch nicht, sondern der Mikrophonstrom wird durch Kathodenröhrenverstärker auf das 100- bis 1000fache verstärkt und dann erst dem Eisenkern zugeführt. Nach diesem Verfahren werden in Nauen in Kürze regelmäßig täglich alle Pressenachrichten für ganz Deutschland telephonisch gegeben.

Einen ganz gewaltigen Aufschwung nahm die drahtlose Telephonie durch die *Einführung des Telefunkenröhrensenders* (April 1913). Die durch den Röhrensender erzeugten Hochfrequenzströme zeichnen sich durch eine früher nicht geahnte Konstanz in Amplitude und Frequenz

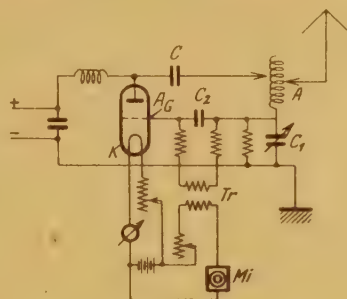


Fig. 8.

aus. Die Erzeugung der Schwingungen und ihre Beeinflussung durch die Sprache ist hier mit den einfachsten Mitteln möglich, und von den kleineren Energien bis etwa 5 kW ist der Röhrensender eine geradezu ideale Lösung für die Telephonie. Es gelang schon Mitte 1913 mit einem kleinen 10-W-Röhrensender über mehr als 30 km sich telephonisch zu verständigen. Fig. 7 zeigt die älteste Anordnung.

G ist die Energiequelle, eine Gleichstrommaschine, z. B. für 1000 V, K die Kathode der Hochvakuumröhre, ein Glühfaden, G das Steuer-gitter, A das Anodenblech, am + Pol der Spannung liegend. Die Schwingungserzeugung beruht hier darauf, daß mit dem Schwingungskreis I der Anodenkreis einer Verstärkerröhre $A C 3/K$ sowie der Gitterkreis $G 2 1 K$ gekoppelt ist. Im Schwingungskreis I schaukelt sich die Energie auf; ein Teil der Energie des Kreises I wird an den Gitterkreis zurückgeführt — Rückkopplung —, der Anodenkreis dagegen gibt die volle Energie der Röhre an I ab. Der Erzeugerkreis ist wieder, wie bei Schaltung Fig. 3, induktiv mit der Antenne gekoppelt. Das Mikrophon liegt in der Antenne und verändert den Antennenwiderstand. Bei den neueren Schaltungen

wird der Wechselstrom des Mikrophons der Spannung des Gitters oder der Anodenspannung zusätzlich hinzugefügt. Fig. 8 zeigt eine solche Schaltung für Gittersprechen, wie sie vielfach für kleinere Energien Verwendung findet. Das Gitter bekommt hier nicht, wie in der vorhergehenden Figur von einer Selbstinduktion 1,2, sondern von einem Kondensator C_1 die für das Arbeiten der Röhre erforderliche Hochfrequenz, andererseits wird dem Gitter eine Sprachwechselspannung zugeführt, und zwar in der Art, daß sie mit der am Kondensator C_1 liegenden Hochfrequenzspannung in Serie geschaltet ist. Es wird in die Gitterleitung der Kondensator C_2 geschaltet, an welchem die beim Sprechen vom Mikrophon und der Batterie B erzeugten Wechselspannungen liegen. Sie werden vom Mikrophonkreis durch den Transformator Tr über-

kleinen Senders 10- bis 100fach verstärkt auf die Antenne übertragen.

Wir sehen also immer wieder, daß bei allen unseren Telephonieanordnungen die Starkstromkathodenröhre die Lösung, und zwar eine ideale Lösung des Starkstrommikrophons bedeutet. Nur durch Sprachverstärkung mit Kathodenröhren ist es möglich geworden, selbst ganz schwache, von irgendeinem Teilnehmer eines Fernsprechnetzes kommende Sprechströme so zu verstärken, daß sie den stärksten drahtlosen Sender beeinflussen und 100- bis 10 000mal verstärkt ausgestrahlt werden. Es könnte heute schon von jedem beliebigen Telephonanschluß aus mit einem mehrere 100 km von Deutschlands Küsten entfernten Schiffe, vorausgesetzt, dasselbe hat einen entsprechenden Sender, zuerst über Draht und dann drahtlos telephoniert werden. Für den Teilneh-

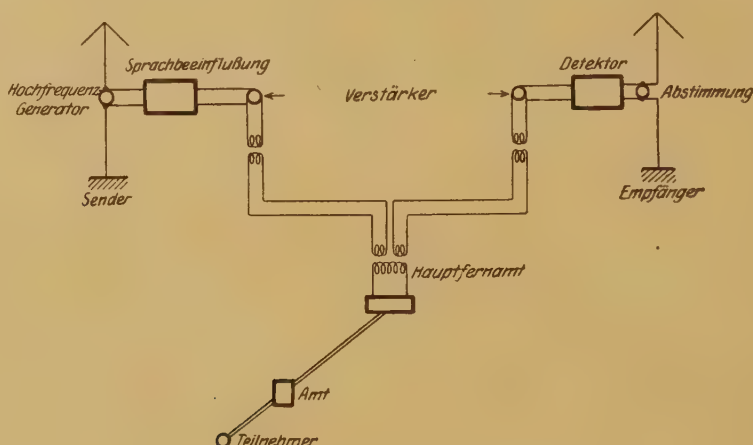


Fig. 9. Prinzip einer Gegensprechanordnung.

tragen. Das Gitter ist so gezwungen, gleichzeitig die Amplituden des Hochfrequenzstromes wie die des Niederfrequenzstromes mitzumachen, so daß entsprechend der zusätzlichen Sprechspannung am Gitter mehr oder weniger Schwingungsenergie erzeugt wird.

Ein großer Vorzug dieser Röhrensender ist ihre große Anpassungsfähigkeit. Für kleinere Energien verwendet man eine Röhre (für 10 Watt bis 2 kW Schwingungsleistung). Für große Energien werden viele Röhren parallel geschaltet. Man ist in dieser Beziehung bei Telephonieversuchen von Amerika nach Paris auf 300 parallelgeschaltete Röhren gegangen, die gleichzeitig von der Sprache beeinflusst werden! Dann ist freilich wieder die Sprachenergie eines Mikrophons nicht mehr ausreichend. Die Sprache muß durch mehrere Vorröhren verstärkt werden, bzw. baut man den Sender dann vielfach so, daß man in einem kleinen Röhrensender von der Sprache beeinflusste Hochfrequenz erzeugt, d. h. man nimmt einen Telephoniesender für ganz kleine Energie, und dieser wirkt auf Starkstromhochfrequenzverstärkerröhren, die dann die Energie des

mer wickelt sich dabei das Gespräch genau so ab wie im normalen Fernverkehr. Denn auch für die drahtlosen Teile der Verbindung läßt sich das einfache gleichzeitige Sprechen und Hören, Gegensprechen, ohne weiteres erreichen. Freilich ist der Aufwand an technischen Mitteln etwas größer. Fig. 9 zeigt das Prinzip einer Gegensprechanordnung für eine größere Sendeanlage.

Hier haben wir, damit der eigene Sender nicht auf den eigenen Empfänger wirkt und den Empfänger durch seine großen Energien totmacht, getrennte Sende- und Empfangsantennen in 1 bis 10 km Entfernung voneinander. Die Wellen für Senden und Empfangen sind voneinander 5 bis 20 % verschieden. Das Gespräch des Teilnehmers geht über das Amt zum Fernamt; hier wird einerseits die abgehende Sprache durch Transformation der Sendestelle zugeführt, andererseits die vom Empfänger ankommende Sprache auf den Teilnehmer geschaltet. Am Sender wird die ausgehende Sprache über eine mehrfache Verstärkung geführt, am Empfänger die ankommende. Der Teilnehmer hat nichts zu

tun mit irgendwelchen, durch die drahtlose Übertragung bedingten Maßnahmen. Die ganze, Sachkenntnis erfordernde Bedienung ist konzentriert an die Sende- und Empfangsstelle. — Bei kleineren Sendeanlagen (bis 1 kW) ist die Einwirkung des Senders auf den Empfänger geringer, es läßt sich dann der Sender- und der Empfangsapparat an dieselbe Antenne legen und trotzdem der Sendestrom vom Empfänger fernhalten.

Fig. 10 zeigt einen ganz kleinen 10-Watt-Sender zum 'Gegensprechen'. Links die 600-V-Maschine, die Energiequelle für den Röhrensender, in der Mitte der Sender und Empfänger zusammengebaut, oben auf dem Apparat der Hörer zum Abnehmen beim Gespräch, wie bei der normalen Telephonie, rechts die Batterie für die Heizung der Röhren. Mit einem solchen kleinen Sender wurden im September 1919 Reichweitenversuche zwischen dem Luftschiff Bodensee und einer gleichen Bodenstation in

stehen könnten. Nur eine sehr gute Organisation könnte diese gegenseitigen Störungen einschränken. Es sind vorläufig in Deutschland nur wenige drahtlose telephonische Verbindungen geplant. Das Hauptanwendungsgebiet wird in Kürze die telephonische drahtlose Pressenachrichtenübermittlung von einer Zentralstelle aus für ganz Deutschland sein. Sonst werden wohl nur für Schiffe und Flugzeuge die Telephonieanlagen Verwendung finden, und zwar hier hauptsächlich kleine Anlagen für kleine Entfernungen, für den Landungs- und Küstenverkehr.

Ein Traum der nächsten Zukunft ist die Transozeantelephonie. Ihre Verwirklichung ist wohl nur die Frage von Monaten. Ob sie aber auch praktische Bedeutung haben wird, ist zweifelhaft.

Ein sehr aussichtsreiches neues Gebiet hat sich in den letzten Jahren dem Techniker der

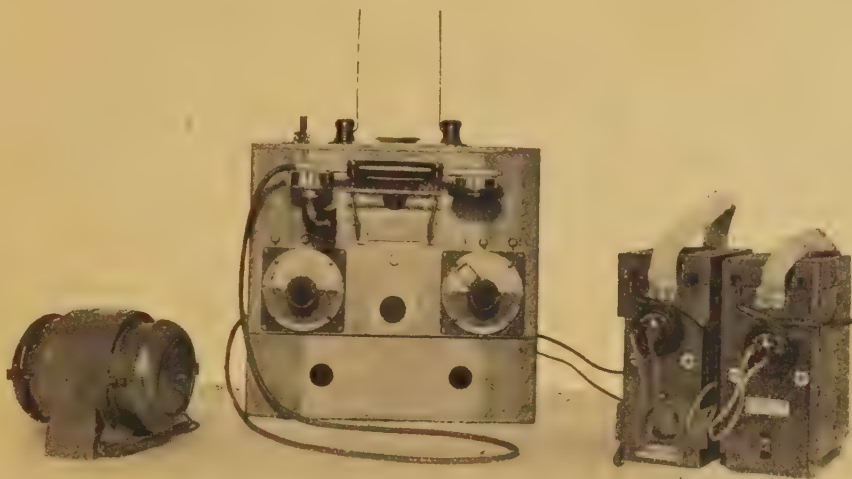


Fig. 10. Kleiner Sender (10 Watt) zum drahtlosen Gegensprechen.

Nürnberg durchgeführt. Es konnte über mehr als 150 km einwandfrei gesprochen werden.

So sind jetzt in der Hauptsache durch die Kathodenröhren alle technischen Aufgaben der drahtlosen Telephonie fast restlos gelöst, und doch hat die drahtlose Telephonie keine allzu großen Anwendungsmöglichkeiten. Die drahtlose Telegraphie ist ihr zu sehr überlegen in bezug auf die bei der drahtlosen Telegraphie verwendeten Empfangsmittel, vor allem das Empfangsverfahren mit Hilfsgenerator nach der Interferenzmethode. Wir können infolgedessen bei der Telephonie bei gleicher Sendeenergie höchstens mit $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ der Reichweite rechnen wie bei der Telegraphie, und wir haben dabei lange nicht die Störungsfreiheit, so daß also ein größeres drahtloses Telephonnetz den heftigsten gegenseitigen Störungen ausgesetzt wäre und z. B. in Deutschland das jetzt bestehende Postnetz für Telegraphie gleichzeitig mit einem ebensolchen Netz für Telephonie kaum nebeneinander be-

drahtlosen Telephonie eröffnet in der *Hochfrequenztelephonie längs Leitungen*. Es zeigte sich, daß man bei der Anwendung der in der drahtlosen Telephonie entwickelten Röhrensender auf einer normalen Fernsprechleitung neben dem normalen Ferngespräch noch eine ganze Reihe von Gesprächen gleichzeitig führen kann, ähnlich wie ja in der drahtlosen Telephonie auch durch Wahl immer anderer Wellenlängen eine große Zahl von Gesprächen gleichzeitig geführt werden kann. In beiden Fällen haben wir es ja mit Hochfrequenzwechselströmen zu tun, und bei Hochfrequenz ist es immer leicht, durch Resonanzkreise verschiedene in einem Leitungsgebilde gleichzeitig vorhandene Wechselströme und damit die einzelnen Gespräche zu trennen. Die ganze Mehrfachtelephonie beruht also hier darauf, daß man auf einen Hochfrequenzstrom in der Leitung spricht statt auf Gleichstrom. Einen Mangel hat freilich die Hochfrequenztelephonie, daß die Hochfrequenzströme eine ganz erheblich größere Schwächung

erfahren als die normalen Telephonströme. Die Leitung bedeutet hier zwar für den Sprechsender nur einen Widerstand von etwa 600 Ohm, aber an der Empfangsstelle kommt nur ein geringer Bruchteil, $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{10.000}$ des Sendestromes an. Dementsprechend braucht man, während für die normale Telephonie zum Sprechen nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{2}{10}$ Watt nötig sind, bei der Hochfrequenztelephonie 1—8 Watt für Entfernungen von 700 bis 1000 km. Ganz besonders schlecht sind die Frequenzen dran, welche wir sonst bei den kleinen Sendern der mit Strahlung arbeitenden drahtlosen Telephonie verwenden. Bei einem Wechselstrom von einer Million Schwingungen in 1" ist der Strom auf einer Leitung schon nach wenigen Kilometern vollkommen absorbiert. Es können eigentlich nur Schwingungen langsamer als 100 000 pro Sekunde verwendet werden. Aber

Die Arbeitsweise einer Anlage für Hochfrequenzgegensprechen ersieht man aus der Fig. 11. Auf beiden Seiten der Leitung sind je ein Sender mit der Welle λ_1 bzw. λ_2 und je ein Empfänger mit der Welle λ_2 bzw. λ_1 an die Leitung gelegt. Der Sender besteht aus dem Zwischenkreisröhrensender, wie in Fig. 6 beschrieben. Er ist induktiv gekoppelt mit der Leitung in der Art, daß in die Leitung eine Spule L_1 und ein Drehkondensator C_1 für die Abstimmung auf die Welle geschaltet wird. Die Empfangsanordnung ist ähnlich, es liegt ebenfalls eine Spule L_2 und ein Abstimmkondensator C_2 in der Leitung, hier abgestimmt auf die Empfangswelle λ_2 , und induktiv mit dieser Spule ist ein Abstimmkreis bzw. mehrere abgestimmte Kreise gekoppelt zur Erreichung möglicher Selektion. Am letzten Kreis liegt ein Detektor bzw. ein Audion mit Telephon. Schwierigkeiten

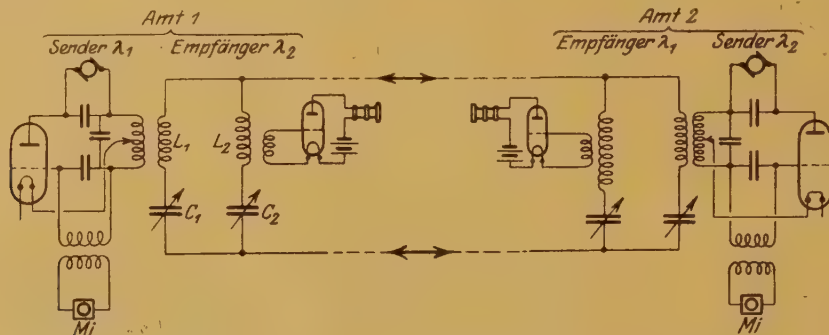


Fig. 11. Anlage für Hochfrequenztelephonie längs Leitungen.

auch hier sind die Unterschiede zwischen den schnelleren und langsameren Periodenzahlen noch sehr groß; 30 000 Perioden geben z. B. ungefähr die doppelte Reichweite wie 100 000 Perioden. Für Kabel eignen sich die höchsten Frequenzen noch weniger als für Freileitungen. Im Kabel liegen die zwei Leitungen ganz dicht aneinander und bilden gegeneinander eine große Kapazität, die die hohe Frequenz kurzschließt. Wie ungünstig hier das Kabel ist, zeigt Tabelle 1. Hier bedeutet βl den Schwächungsgrad in der Formel:

$$J = J_0 e^{-\beta l},$$

in der J_0 der Strom am Anfang, J der Strom am Ende ist, l ist die Länge der Leitung $e = 2,37$. Man sieht aus der Tabelle: der Schwächungsgrad β ist im Kabel 15—20mal so groß, d. h. der Empfangsstrom ist beim Kabel etwa 1000mal so schwach. Die Hochfrequenztelephonie längs der Freileitung ist freilich auch wieder selbst bei einer Welle von 15 000 km mindestens 10mal mehr geschwächt als die normale Telephonie auf derselben Leitung.

Tabelle 1.

	$\lambda = 30\,000$	$\lambda = 15\,000$
β Kabel	0,5	0,2
β Freileitung	0,03	0,01
β Normale Telephonie (Freileitung)	0,003	

macht hier nur die Verbindung des Senders und des Empfängers mit dem Teilnehmer, so daß wirklich einwandfreies Gegensprechen möglich ist. Würde man den Empfänger und Sender nach Fig. 12 mit dem Teilnehmer verbinden, d. h.

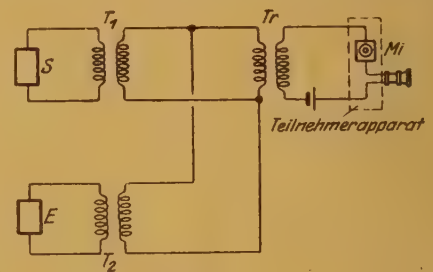


Fig. 12. Zur Verbindung des Empfängers und des Senders mit dem Teilnehmer.

würde die Sprache des Teilnehmers beim Sprechen über den Transformator T_1 gehen, und andererseits der Empfang von dem Transformator T_2 parallel zu dem Transformator T_1 über den gemeinsamen Transformator Tr dem Teilnehmer zugeführt werden, so würde ein dauerndes Hin- und Herlaufen einer einmaligen Erregung entstehen, da bei dieser Schaltung der Empfänger E nicht nur an den Teilnehmerapparat Nutzstrom abgibt, sondern auch wieder über den Transformator T_1 an den eigenen Sender und so diesen

mit der ankommenden Energie erregt; es würde dann aber die ankommende Sprache verstärkt wieder ausgesendet, käme an der zweiten Sprechstelle auch wieder auf den Sender zur Wirkung, und so wäre ein sich immer mehr steigender Kreislauf der Energie über das Leitungssystem hergestellt. Durch eine solche Anordnung wird die Sprache vollkommen verzerrt und Eigentöne von irgendwelchen Teilen des Systems oder der Leitung werden dauernd erregt. — Es können hier nur solche Schaltungen verwendet werden, bei denen jede Einwirkung des Empfängers auf den eigenen Sender verhindert ist (s. Gegensprechschaltung Gehrts, „Die Naturwissenschaften“ S. 768, 1919). Man muß den Sender und Empfänger gewissermaßen nach Fig. 13 in

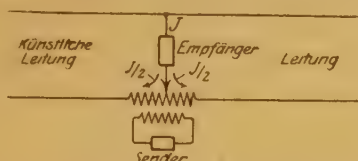


Fig. 13. Zur Verbindung des Empfängers und des Senders mit dem Teilnehmer.

eine Wheatstonesche Brücke legen. Rechts haben wir die Leitung, links ein künstliches Leitungsgebilde nachgebaut aus Spulen und Kondensatoren. Der Empfänger ist in der Mitte des Sendetransformators angeschlossen. Die Hälfte des Empfangsstromes J geht durch je eine Hälfte des Sendetransformators hindurch, aber durch beide Hälften im entgegengesetzten Sinne, so daß sich die Wirkungen auf den Sender vollkommen aufheben. Es verteilt sich hier sowohl der Sendestrom, wie der Empfangstrom zu gleichen Teilen auf die künstliche und natürliche Leitung, d. h. aber, daß Sendewirkung und Empfangswirkung beide im Verhältnis 1 : 2 reduziert werden. — Die neuen Apparate der Hochfrequenz-Mehrfachtelephonie sind in kaum einem Jahr in gemeinsamer Arbeit mit dem Telegraphentechnischen Reichsamt (Prof. Wagner) und der Firma Telefunken entwickelt worden und haben in dieser kurzen Zeit schon solche Durchbildung erfahren, daß ein eigenes Fernamt in Berlin mit den neuen Apparaten ausgerüstet wird. Heute bestehen schon Verbindungen nach Stralsund, Hannover und Frankfurt a. M. und eine ganze Reihe weiterer Linien ist im Ausbau. Die Niederfrequenzgespräche sind dadurch in keiner Weise behindert.

Bei der Unmöglichkeit, zwischen unseren deutschen Großstädten in der jetzigen Zeit neue Kupferleitungen zu verlegen, dürfte in den nächsten Jahren die einzige Rettung gegen die Überlastung des deutschen Fernsprechnetzes die Hochfrequenz-Mehrfachtelephonie sein.

J. J. Balmer und W. Ritz.

Von A. Hagenbach, Basel.

Durch die Schriftleitung der „Naturwissenschaften“ bin ich aufgefordert worden, über zwei

Schweizer Physiker, J. Balmer und W. Ritz, die in der gegenwärtigen physikalischen Literatur wegen ihrer bahnbrechenden Arbeiten auf spektroskopischem Gebiet sehr viel genannt werden und dadurch für die moderne Atomphysik von großer Bedeutung geworden sind, eine Notiz über deren Leben und Wirken zu verfassen. Ich bin dieser Aufforderung gerne gefolgt, einerseits weil ich beide Forscher noch persönlich gekannt habe und andererseits, da mir hier das Material dazu am ehesten zur Verfügung stand.

Aus meiner Jugendzeit erinnere ich mich noch, daß Balmer öfters meinen Vater zur Besprechung wissenschaftlicher Fragen besuchte, und mit Ritz bin ich noch in Bonn im physikalischen Institut zusammengewesen und habe ihn später in Zürich häufiger gesehen. Ritz ist zwar der heutigen älteren physikalischen Welt noch vielfach in Erinnerung, während sich über Balmer, der nur wenig mit physikalischen Kreisen verkehrte, in der Literatur nur dürftige, z. T. unrichtige und ungenaue Angaben vorfinden. P. Weiß hat in den „Gesammelten Werken Walter Ritz“, herausgegeben von der schweizerischen physikalischen Gesellschaft (Paris, Gauthier-Villars, 1911)“, eine Lebensbeschreibung Ritzens gegeben. Da aber dieses Werk in einer relativ kleinen Auflage erschienen ist, dürfte es erlaubt sein, auch über Ritz die Hauptdaten seines Lebens zu wiederholen. Zum Schluß lasse ich noch ein Verzeichnis der Publikationen Balmers folgen, da man vielleicht auch daraus seine geistige Tätigkeit erkennen kann. Die Arbeiten von Ritz aufzuzählen, halte ich für überflüssig, da sie in den Gesammelten Werken in extenso zum Abdruck gekommen sind.

Ich benutze gerne die Gelegenheit, den Verwandten Balmers den Dank auszusprechen, daß sie mir den ganzen Nachlaß zur Verfügung gestellt haben.

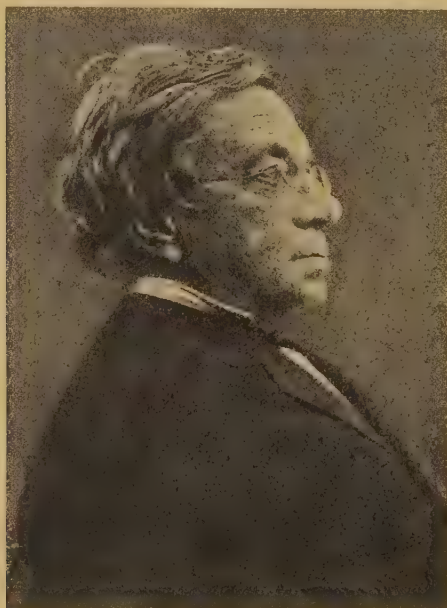
Johann Jakob Balmer ist geboren am 1. Mai 1825 in Lausen, Kanton Baselland, als ältester Sohn des Oberrichters J. J. Balmer-Rolle. Seine erste Schulbildung genoß er in Lausen, dann besuchte er die Bezirksschule in Liestal und durchlief darauf das Pädagogium in Basel, wo er schon eine ausgesprochene Neigung für Mathematik bekundete und sich an seinen Mathematiklehrer Eckert eng anschloß. Seine Studien betrieb er in Karlsruhe und Berlin, wo Schelling und Diesterweg einen nachhaltigen Eindruck auf ihn ausübten. Er promovierte in Basel 1869 ohne mündliche Prüfung mit einer Arbeit „Über die Cycloiden“.

Nachdem er dann einige Zeit seinen Lehrer Eckert vertreten hatte, bewarb er sich für eine freigewordene Stelle an der Töchterschule mit Erfolg und lehrte daran mit vollem Pensum bis in sein hohes Alter.

In seiner 30jährigen Ehe hatte er das Glück, 6 Kinder aufzuziehen. 1865 habilitierte er sich an der Universität Basel für deskriptive Geome-

trie mit einer Habilitationsschrift „Des Propheten Ezechiel Gesicht vom Tempel, übersichtlich dargestellt und architektonisch erläutert“. Vom folgenden Jahre an las er abwechselnd über darstellende Geometrie, graphische Darstellung der höheren Geometrie, über die älteren Bauwerke des alten Jerusalem für Theologen, perspektive Schattenlehre, orthographische und perspektive Darstellung von Kristallformen des regulären Systems, Cykloiden, ihre Eigenschaften und graphische Konstruktion, u. a. m. 1890 trat er als Dozent zurück. Er starb 1898 in Basel.

Balmer besaß einen ausgesprochenen Sinn für Geometrie, für Symmetrie und Perspektive, und zwar nicht nur in theoretischer Hinsicht, sondern



J. J. Balmer.

auch in bautechnischen Problemen. Für letzteres zeugt seine Habilitationsschrift, in der er die Konstruktion des Tempels nach den biblischen Angaben in Wort und Bild zusammenstellte. Er verstand es auch, in überzeugender Weise für die Erhaltung alter wertvoller Bauwerke einzutreten. So schrieb er 1882 interessante Zeitungsartikel, in denen er für die Erhaltung der Barfüßerkirche in Basel warm eintrat. Er führte aus, wie in diesem historisch und architektonisch interessanten Bau geometrische Zahlenverhältnisse die Abmessungen des Gebäudes bestimmen und mit tief durchdachter Symbolik verbunden sind, die bis auf den Salomonischen Tempelbau zurückgehen — wie übrigens auch beim Kölner Dom und andern Bauten festgestellt ist.

Nicht nur mit antiken, auch mit modernen Bauten gab er sich ab. Als in Basel Mitte der siebziger Jahre die zweite Rheinbrücke erstellt werden sollte, arbeitete Balmer ein Projekt aus, das er im Großen Rat und öffentlich klarlegte

und gegen Angriffe mit Erfolg verteidigte. Er verstand eben seine Geometrie nicht nur auf dem Papier, sondern auch in der technischen Anwendung. Die Freude an Architektur und an Kunst, an Musik und Literatur, überhaupt den Sinn für Schönes und Ideales hatte er von der Mutter geerbt. Auch von seiner Dichtkunst legte er häufig Proben ab.

Er fand auch Zeit, sich um das Volkswohl zu kümmern, wie aus seiner Schrift „Über die Gesundheit“ hervorgeht. Nicht nur in dieser, sondern aus fast allen seinen Schriften und Vorträgen spricht ein tiefes religiöses Empfinden. Vor mir liegen eine Reihe von ungedruckten Vorträgen über *Kopernikus*, *Kepler*, *Newton*, über Naturforschung und Offenbarung; alle enthalten zum Schluß Betrachtungen über die Allmacht Gottes.

Vorträge über das antike Wohnhaus gaben ihm Gelegenheit, die Wohnungen der Arbeiter zu studieren, und im Auftrag einer Gesellschaft gab er eine Schrift über Arbeiterwohnungen mit vielen brauchbaren Vorschlägen heraus.

In seinen Kunstnotizen finden sich Tafeln über Farbenverwandtschaft, über Symbolik der Zahlen bei heidnischen und christlichen Völkern, alles sucht er durch Zahlen und Proportionen zu fassen, wobei auch gelegentlich mystische Betrachtungen mit unterlaufen.

Sein eigentliches Fach aber war die projektive Geometrie. Von seiner fabelhaften Präzision im Zeichnen zeugt eine Sammlung aus Zeichnungen von Kristallformen für stereoskopische Betrachtung ausgeführt, die er seinerzeit der physikalischen Sammlung der Universität Basel schenkte.

Für Balmer war die ganze Welt, Natur und Kunst, eine große einheitliche Harmonie und sein Lebensbedürfnis war es, die harmonischen Beziehungen zahlenmäßig zu erfassen. In der Architektur verglich er stets die Größenverhältnisse miteinander und suchte nach harmonischen Beziehungen, um das Künstlerische, das, was ihn bei der Betrachtung und Beobachtung der Architektur erfreute, zahlenmäßig festzulegen.

So stand er auch der physikalischen Welt gegenüber, und er wird wohl das Wasserstoffspektrum als ein Bild des wunderbaren Baus des Wasserstoffatoms angesehen und nach den harmonischen Beziehungen der davon emittierten Schwingungen gesucht haben.

Mein Vater *Ed. Hagenbach* erzählte mir gelegentlich, daß Balmer, der ihn zur Besprechung von wissenschaftlichen Problemen oder von Schulfragen häufiger besuchte, eines Tages mit den Anfängen der Spektralformel der Wasserstoffserie zu ihm kam. Er teilte ihm mit, daß er drei Linien des Wasserstoffs H_α , H_β und H_γ durch echte Brüche darstellen könne. Bald gelang es auch mit der vierten H_δ -Linie, und er brachte ihm das nächstmal die Formel

$$\lambda = h \frac{m^2}{m^2 - 2^2}, \text{ in der } h \text{ eine Konstante, } \lambda \text{ die}$$

Wellenlänge und m die Zahlen 3, 4, 5, 6 für die 4 Linien bedeuten. Damit war die erste spektroskopische *Serie* entdeckt. *Hagenbach* machte ihn dann auf die von *Vogel* und *Huggins* gemessenen weiteren Wasserstofflinien der weißen Sternspektren aufmerksam, und sofort zeigte sich die Brauchbarkeit der obigen *Balmerschen* Formel für die weiteren Zahlen bis zu $m=11$. Im Einverständnis von *Balmer* berichtete *Hagenbach* in der Basler Naturforschenden Gesellschaft darüber im April 1884.

Dabei wird schon ganz klar auseinander-gesetzt, daß die Formel $\lambda = h \frac{m^2}{m^2 - n^2}$ oder in der heutigen Schreibweise $\nu = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ (ν Schwingungszahl, R Rydberg-Ritzsche Konstante) nur zwei ganze Zahlen m und n enthalte; in der Tat ist das ja der Kernpunkt der Serien. Er rechnet die Serien für $n=1$ und $n=2$ aus. Die erste dieser Serien war damals allerdings noch nicht bekannt, aber doch schon von *Balmer* vermutet.

Er erkannte auch die Bedeutung der in der Gleichung enthaltenen Konstanten h als die Seriengrenze und bemerkte, daß dies der Anknüpfungspunkt für theoretische Betrachtungen werden würde. Ich zitiere aus seiner ersten Abhandlung den Schlußsatz, der deutlich zeigt, daß er die Bedeutung seiner Formel ahnen mochte:

„Der gemeinschaftliche Faktor ist $h = 3645,6 \frac{\text{mm}}{10^7}$ “.

Man könnte diese Zahl die Grundzahl des Wasserstoffs nennen, und wenn es gelingen sollte, auch für andere Elemente die entsprechenden Grundzahlen ihrer Spektrallinien zu finden, so wäre die Vermutung gestattet, daß zwischen diesen Grundzahlen und den entsprechenden Atomgewichten bestimmte wieder durch irgendeine Funktion ausdrückbare Beziehungen stattfinden.“

Kayser und *Runge*, dann *Rydberg* und *Ritz* sind diejenigen gewesen, die diesen Grundgedanken aufgenommen haben, und letztere beiden haben es klargestellt, daß der Konstanten ein universeller Charakter zukommt.

Um die Formel auch auf weitere Spektren ausdehnen zu können, mußten die bis dahin nur oberflächlich bekannten Spektren neu experimentell aufgenommen und mit großer Genauigkeit ausgemessen werden. So hat *Balmers* Gedanke ungeheure Anregung zu vielen experimentellen Untersuchungen gegeben. Die entdeckten Serien zunächst bei den Alkalien waren aber etwas anders geartet wie die Wasserstoffserie und die Formel mußte abgeändert werden. Auch *Balmer* hat sich später bei der Anwendung der erweiterten Formel auf die Serien des Heliums an der Diskussion beteiligt.

Bei den Versuchen, die Formel zu verallgemeinern, trat immer mehr das Verlangen in den Vordergrund, durch theoretische Betrachtungen ein Atommodell aufzustellen, das die Emission

der Spektralserien verständlich machte, und da die Wasserstoffserie mit ganz ungewohnter Genauigkeit durch das *Balmersche* Gesetz dargestellt wird, so mußte es gerade über die Möglichkeit der theoretischen Grundlagen der Atommodelle die Probe liefern. Als die wichtigste Stütze des *Bohrschen* Atommodells gilt mit Recht die *Balmersche* Formel.

Balmer war weder ein großer genialer Mathematiker noch ein feinsinniger Experimentator, er war viel eher eine Künstlernatur, ein Architekt und hat der Welt durch seine Betrachtungen einen großen Gedanken geschenkt, dessen Inhalt in seiner einfachen Formel gefaßt ist. Aus welchen Spekulationen ein großer Gedanke entsteht, ob aus schwierigen mathematischen Betrachtungen, ob aus experimentellen Untersuchungen oder einfachen geometrischen Gesichtspunkten, ist meines Erachtens gleichgültig. Wenn die Nachwelt bei der Verfolgung dieses Gedankens weitere Erkenntnis gewinnt, so darf sie des Schöpfers desselben dankbar gedenken.

Publikationen Balmers:

1868. Die Naturforschung und die moderne Weltanschauung, Detloff, Basel.
1884. Zur Projektion des Kreises, Buchdr. Fr. Bürgin, Programm der Töcherschule.
Notiz über die Spektrallinien des Wasserstoffs, Verhandl. Naturforsch. Ges. Basel 7, 548, 1884, und 7, 750, 1885, Ann. Phys. 26, 80, 1885.
1886. (*E. Hagenbach-Bischoff*) Balmersche Formel für Wasserstofflinien, Verh. Naturf. Ges. Basel 8, 242.
1887. Die freie Perspektive. Einfache und leichte Einführung in das perspektivische Zeichnen. Mit 30 Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg.
1897. Eine neue Formel für Spektralwellen, Verh. Naturf. Ges. Basel 11, 448; und Ann. Phys. 60, 380.
1898. Des Propheten Ezechiel Gesicht vom Tempel, übersichtlich dargestellt und architektonisch erläutert (Habilitationsschrift), Ludwigsburg, Druck u. Verlag Ferd. Riehm.
1898. Die Wohnung des Arbeiters. Mit Rücksicht auf die neueren Bestrebungen zur Förderung des Wohls der Arbeiterfamilien, durch 22 Grundrisse ausgeführter Arbeiterhäuser erläutert. Im Auftrag der Gesellschaft des Guten und Gemeinnützigen, Basel, Detloff.
1898. Die Gesundheit, ein Wort an Gesunde und Kranke. (Den Arbeiterfamilien gewidmet.) Basel, Druck u. Verlag Fr. Riehm.
1891. Gedanken über Stoff, Geist und Gott; Aphorismen, Basel, M. Werner-Riehm.

Walther Ritz war nur ein kurzes Leben beschieden, das aber an wissenschaftlichen Arbeiten unendlich reich war. Ein Leben von nur 31 Jahren mit einer solchen Fülle von produktiver Arbeitskraft und das mit soviel Erfolg gekrönt ist, ist eine Seltenheit.

Als Sohn des Walliser Landschaftsmalers *Raphael Ritz* aus Sitten, der aus der Düsseldorfer Schule hervorgegangen war, ist *Walther Ritz* am 22. Februar 1878 geboren. Er besuchte zuerst das Lyzeum seiner Vaterstadt, kam 1897 auf das Züricher Polytechnikum, das ihn aber durch die technische Orientierung wenig befriedigte.

Eine Bergtour in seinen geliebten Alpen wurde ihm zum Schicksal. Eine kalte Nacht, die er im Freien zubringen mußte, warf ihn aufs Krankenbett. Eine Brustfellentzündung hinterließ eine Tuberkulose, die vielleicht schon in ihm schlummerte und ihn nicht mehr losließ.

Er hatte ein unstillbares Bedürfnis, sich wissenschaftlich zu betätigen, und der Drang nach Aufklärung und Forschung führte ihn an die größten Universitäten, wo er mit den Mathematikern und Physikern immer in engem Kontakt arbeitete. Eine gewisse Unruhe verursachte wohl seine Krankheit, denn er mochte doch immer die Hoffnung haben, daß ein neuer Aufenthaltsort ihm zuträglicher sei. 1901 ging er nach Göttingen.



W. Ritz.

gen, wo er vorzugsweise bei Voigt und Hilbert studierte und den Doktorgrad erwarb. 1903 war er in Leyden bei Lorentz, dann bei Kayser in Bonn und im Herbst bei Cotton in Paris. Seine Gesundheit wurde immer prekärer und er suchte Erholung in St. Blasien, Rapallo, Mayens de Sion und in Nizza, doch schrieb er von da an einen Freund, daß er jetzt nur noch der wissenschaftlichen Arbeit leben wolle, um die kurze Zeit, die ihm noch vergönnt sei, auszunutzen. Er ging wieder zu seinem Freund Paschen nach Tübingen und dann nach Göttingen, wo er nur noch mit Mühe die Kraft zur Habilitation aufbrachte. Am 7. Juli 1909 erlöste ihn der Tod.

Ritz zeichnete sich aus durch ein besonders scharfes und klares Urteil. Sein kritisches Auge wußte immer zu erspähen, wo im Aufbau einer physikalischen Theorie das Fundament schwach war. Er erfaßte die Schwierigkeiten, die beim Vermischen verschiedener Theorien eintreten. Er war ein Denker, ein Theoretiker.

Experimentell zu arbeiten hatte er weder die physische Kraft noch die nötige Geduld. Ich erinnere mich aus Bonn, daß er einmal deprimiert und entsetzt war, als er nach 14 Tagen das gewünschte Resultat nicht erreichte. Er war der typische Theoretiker, der gerne alle mühsam experimentell errungenen Ergebnisse als etwas Selbstverständliches übernahm und daran seine theoretischen Betrachtungen angeschlossen.

Von seinen gewaltigen Leistungen möchte ich hier das herausgreifen, was in engem Zusammenhang mit Balmers Entdeckung steht und weshalb er wohl auch wissenschaftlich populär geworden ist, es sind das seine Arbeiten auf optisch-spektroskopischem Gebiet.

Der Versuch, das Balmersche Seriengesetz vom Wasserstoff auf ähnlich gestaltete Linienkombinationen (Serien) anderer Elemente zu übertragen, hat Schwierigkeiten ergeben, weil diese Serien eben anders geartet sind, und man half sich zunächst mit rein empirischen Gesetzen, die sich mehr oder weniger an Balmers Gleichung anlehnten.

Hier griff Ritz in die Diskussion geschickt ein mit seiner Dissertation: Zur Theorie der Serienspektren. Er begann damit aufmerksam zu machen, „daß die Eigenschwingungen eines Lichterregers durchaus andern Typus besitzen als die aus der Elektrodynamik, Elastizitätstheorie und Hydrodynamik bekannten Fälle von Eigenschwingungen“. Die Serienspektren zeigen eine Häufungsstelle, das Serienende, nach dem hin die Linien immer näher zusammenrücken. Die Zahl der Linien ist eine unendliche, und das Serienende wird erst mit der Laufzahl m gleich unendlich in der Balmerschen Formel erreicht. Die Schwingungszahl des Serienendes ist aber endlich. Die Obertöne, um es akustisch auszudrücken, auch wenn es unendlich viele sind, gehen nicht über eine gewisse Grenze hinaus. Stellt man aber die Schwingungen einer Saite oder irgendeines Körpers als Funktion von ganzen Zahlen dar, so wachsen die Schwingungszahlen der Oberschwingungen ins Unendliche. Ritz gab sich von diesen Schwierigkeiten Rechenschaft. Er suchte sich eine Vorstellung vom Atombau zu machen, um diese sonderbaren Verhältnisse optischer Schwingungen verständlich machen zu können. Nach vielen Umwegen gelang es ihm durch Einführung magnetischer Atomfelder. Er nahm Linienmagnete im Atom, bestehend aus mehreren Elementarmagnetchen, an und bestimmte die Wechselwirkung zwischen Pol und schwingender Ladung des Elektrons. Er gelangte dabei zu einer Serienformel, die mit einer schon von Rydberg empirisch aufgestellten Formel im wesentlichen identisch war. Die Spektren der Alkalien konnten sehr genau und vollständig wiedergegeben werden. Die Balmersche Formel ergab sich als Spezialfall, der auf einen besonders einfachen Aufbau des Wasserstoffatoms schließen ließ.

Die Anschauungen *Ritzens* über den Atombau sind zwar durch das Bohrsche Atommodell überholt worden, nicht aber die Ergebnisse. Nach der heutigen Auffassung lassen sich gerade aus dem Bohrschen Atommodell die Ritzschen Serienformeln ableiten.

Wir verdanken *Ritz* aber noch ein weiteres sehr wichtiges spektroskopisches Gesetz, das er beim Studium der Spektren der Alkalien entdeckte. Die Seriengesetze verknüpfen die Linien einer Serie miteinander. Nun aber findet *Ritz*, daß zwischen den verschiedenen Serien eines Elementes einfache Beziehungen bestehen. Durch additive oder subtraktive Kombinationen, sei es der Serienformeln selbst, sei es der in dieselben eingehenden Konstanten, werden neue Formeln gebildet, die wieder Serien entsprechen.

Dieses sogenannte Kombinationsprinzip hat weitgehende Anwendung gefunden, es hat oft experimentell bekannte, aber sonst nicht untergebrachte Linien erklärt, und in andern Fällen ist es ein Leitmotiv geworden zum Auffinden neuer Serien. Beim Wasserstoffspektrum hat man z. B. aus den beiden bekannten Serien den Schluß gezogen, daß eine dritte Serie zu erwarten sei. Die Bestätigung folgte der Voraussage.

Außer den zahlreichen spektroskopischen Publikationen hat *Ritz* noch manche andere Probleme der theoretischen Physik bearbeitet, die hier nur dem Titel nach erwähnt sein mögen: neue Methode zur Lösung gewisser Variationsprobleme der theoretischen Physik, Theorie der Transversalschwingungen einer quadratischen Platte mit freien Rändern, kritische Bemerkungen über die allgemeine Elektrodynamik, über die Rolle des Äthers, über die Gravitation und über das Relativitätsprinzip in der Optik.

Alle Abhandlungen zeugen von einem so tiefen Verständnis und Erfassen der theoretischen Probleme, immer aber mit Rücksicht auf die experimentell gewonnenen Kenntnisse, wie es nur bei einem besonders begabten Gelehrten möglich ist.

In der historischen Entwicklung der Spektroskopie wird *Ritz* als derjenige gelten, der den fundamentalen Gedanken von *Balmer* am gründlichsten gefaßt, vertieft und weiter entwickelt hat. Deshalb werden die beiden Forscher auch heute so vielfach zusammen genannt, und dies möge es verständlich machen, daß hier die Beiden nebeneinander skizziert worden sind.

Besprechungen.

Grammel, Richard, Der Kreisel. Seine Theorie und seine Anwendungen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1920. X, 350 S. und 131 Abbildungen. Preis M. 32,—.

Die Theorie des Kreisels hat seit ihrer Entstehung durch *Leonard Euler* eigentümliche Schicksale erlebt, Schicksale, die freilich überhaupt für die gesamte Entwicklung der Mechanik als Wissenschaft in mancher Hinsicht charakteristisch waren. Nachdem er in seiner klassischen *Theoria motus corporum solidorum seu rigi-*

dorum 1765, fast 70 Jahre später *Poinsot* in seiner berühmten *Théorie nouvelle de la rotation des corps* die analytischen und geometrischen Werkzeuge für die unmittelbare Bearbeitung der Kreiselbewegung geschaffen hatten, traten diese einfachen, aber bedeutenden Hilfsmittel und ihre Ergebnisse ganz zurück gegen eine formale und abstrakte Richtung, die, von *Lagranges Mécanique Analytique* (1788) ausgehend, von den Mathematikern der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts beharrlich verfolgt wurde, deren Ausstrahlungen bis an die Jahrhundertwende heran fühlbar waren. Dadurch entfernte man sich immer mehr von dem naturwissenschaftlich-erkenntnistheoretischen Ziel, die wirkliche Bewegung zu durchschauen, um sich dem rein mathematischen zu nähern, der strengen Lösung des Kreiselproblems in analytischer Vollendung unter Beschränkung auf die Schwerkraft oder gar auf Kräftefreiheit. Man berauschte sich an der architektonischen Schönheit der fertigen Formelsysteme, ohne an ihre quantitative Ausbeute zu denken. Als aber von physikalischer Seite aus, in England namentlich durch *Lord Kelvin*, in Frankreich durch *Foucault*, in Deutschland durch *Helmholtz*, teils durch das Bedürfnis nach kinetischen Modellen für unsichtbare (atomare) physikalische Vorgänge, teils durch zähe Bemühungen, die dynamischen Eigenschaften des Kreisels für geophysikalische oder nautische Zwecke auszunutzen, das Interesse an einem mechanischen Verständnis der Kreiselerscheinungen wieder geweckt wurde, besann man sich, zuerst in England, dann aber bald auch in Deutschland, anfänglich mehr oder minder populär, später wissenschaftlich, auf die ursprünglichen, unvergänglichen Gedanken der klassischen Mechaniker, um konkretes Verständnis, Anschaulichkeit und Handlichkeit der Theorie gegenüber den hierin unfruchtbar gewordenen, rein mathematischen Bestrebungen wieder zu gewinnen. Ihren bedeutendsten Ausdruck haben jene wiedererwachten Ideen in der vierbändigen Monographie von *F. Klein* und *A. Sommerfeld* gefunden. Im Zeitraum von rund 15 Jahren (1895—1910) mit mehrfachen Unterbrechungen entstanden, trägt sie jedoch keinen ganz einheitlichen Charakter. Im Vorwort zum IV. Heft geben die Verfasser selbst zu: „Wenn wir von neuem den gesamten Stoff zu disponieren hätten, so würden wir wahrscheinlich die eigentliche Mechanik des Kreisels einschließlich ihrer Anwendungen auf einem viel kleineren Raum darstellen, unter Beschneidung der analytischen Seitenschöbllinge, welche sich so gern von dem Stamme der Mechanik abzweigen. Mit dieser Darstellung würden wir uns an das große Publikum aller naturwissenschaftlichen und technischen Interessenten der Kreiseltheorie wenden.“

Mir scheint, daß dieses schöne Programm, unbeschadet dem dauernden, hohen Werte des Klein-Sommerfeldschen Werkes, in dem vorliegenden Buche auf eine mustergültige Weise verwirklicht worden ist. In einem handlichen Bande von 350 Seiten sind Theorie und Anwendungen des Kreisels, mit vollem Bewußtsein im Geiste des (leider unvollendeten) *Treatise on Natural Philosophy* von *Thomson* (*Kelvin*) und *Tait* abgehandelt: Die qualitative Analyse des mechanischen Vorganges möglichst begrifflich ohne formale Rechnung, die quantitative Diskussion ohne mathematische Abschweifungen knapp und klar, jedoch „ohne irgendwo an Strenge nachzugeben“. Besonders kennzeichnet diesen Standpunkt des Verfassers die folgende Stelle aus dem Vorwort: „Die Formel kann in der reinen Mathematik einen hohen Selbstzweck haben; in der Mechanik ist sie lediglich ein scharf geschliffenes

Werkzeug, und sie soll nie zum Automaten werden, der, taktmäßig ablaufend, am Schluß ein zwar vielleicht richtiges, aber schemenhaftes Ergebnis zum Vorschein bringt, welches dann erst wieder mit Fleisch und Blut gefüllt werden muß. Ganz abgesehen davon, daß die meisten Denkfehler in der Mechanik durch solchen Formalismus entstehen, ist der Erkenntnistrieb nur dann einigermaßen befriedigt, wenn jede Formel selber sagt, was sie bedeutet und warum sie da ist, wenn also in keinem Augenblick der Zusammenhang der Formel mit dem mechanischen Geschehen verloren geht.“ In den 10 Jahren seit dem Abschluß der Klein-Sommerfeldschen Monographie haben zudem die physikalischen, noch mehr die technischen Kreiselinstrumente in engem Zusammenhang mit der Theorie, aber auch dank der Geschicklichkeit ihrer Erfinder, einen so hohen Grad der Ausbildung erreicht, auch sind neue hinzugekommen, z. B. durch die Entwicklung der Flugtechnik, daß eine neue Darstellung schon aus diesem Grunde willkommen heißen werden muß. Da *Grammel* taktvoll und ökonomisch diejenigen Probleme, die von *F. Klein* und *A. Sommerfeld* bereits ausführlich erledigt sind (wie z. B. die geophysikalischen und astronomischen Anwendungen), mehr zurücktreten läßt oder ganz übergeht zugunsten der neuen, so ergänzen sich beide Werke in glücklicher Weise.

Kennzeichnen wir kurz die Gliederung des Stoffes. Der erste Teil entwickelt die Theorie auf klassisch-mechanischer Grundlage. Die Sprache, in welcher der Verfasser sie uns lehrt, ist anschaulich und begrifflich gleich einfach und beredt, es ist die der *Vektoren*. An Hand der kinematischen Grundlagen werden die notwendigen Vektorsymbole und -operationen eingeführt und erläutert. Die Dynamik ist besonders eindrucksvoll durch die lebendige Auffassung des Bewegungsvorganges als das Ergebnis eines Kampfes zwischen der inneren Trägheit des Kreisels und den äußeren Kräften. Als Maß für die Trägheit dient der Impuls, als Systemgröße in der besonderen Gestalt des Drehimpulses oder, wie der Verfasser kürzer und treffend sagt, des Schwunges. Das wichtigste Gesetz, welches diesen Kampf beherrscht, die Beziehung zwischen der Änderung des Schwunges und dem Drehmoment der äußeren (besser eingepprägten) Kräfte (der Drehkraft), das träge Verhalten des „kräftefreien“ Kreisels, d. h. sowohl die reguläre Präzession des symmetrischen, wie die sog. Poinsofbewegung des unsymmetrischen mit ihren kinematischen Bildern, die analytischen Folgerungen in Form der weiter viel benutzten Eulerschen Gleichungen werden im ersten Abschnitt gebracht. Im zweiten folgen die Führungsprobleme oder, wie der Verfasser sagt, „der Kiesel unter Zwang“, d. h. teilweise zwangsläufige Führung auf vorgeschriebener Bahn und ihre Dynamik als *Kreiselwirkung* in engerem Sinne. Im Mittelpunkt steht die „wichtigste Kreiselformel“, der ursprünglich von *Klein-Sommerfeld* so bezeichnete Deviationswiderstand (Reaktion gegen die Führung) als Funktion der geometrischen und Trägheits„konstanten“, seine natürliche Zerlegung in Schleudermoment und Kreiselmoment. Im dritten Abschnitt finden wir dann die Wirkung der Schwerkraft eingehend geschildert: die allgemeinen Sätze über den schweren symmetrischen Kiesel, die auf *Lagrange* und *Poisson* zurückgehen, das Wichtigste über den Spielkiesel, mit Einschaltung des störenden Einflusses der Lagerreibung, und beachtliche neue Ausführungen — Ergebnisse eigener Untersuchungen — über das schwierigste und daher noch wenig angebaute Gebiet des schweren unsymmetrischen Kreisels, soweit sie in

den Rahmen des oben bezeichneten Programms hinein-gelören.

Noch größere Stofffülle enthält der zweite, deshalb auch umfangreichere Teil der Anwendungen. Hier paart sich vollkommene Beherrschung der theoretischen Methoden mit genauer und weitgehender Sachkenntnis auch in den technischen oder physikalischen Einzelheiten. Zum ersten Male ist eine systematische auf inneren Gründen beruhende Einteilung, wie ich meine mit gutem Erfolge, unternommen worden. Entweder sind in dem mechanischen System von vornherein rotierende Teile (Schwung-, Lauf- oder Kreiselräder) vorhanden, dann treten Kreiselwirkungen besonders merkwürdig (die Aufgabe des Mechanismus hindernd oder fördernd) auf, wenn ihre Achsen irgendwelche Schwenkungen erfahren, wie etwa die Laufräder eines sog. Kollerganges, die Radsätze von Fahrzeugen oder Luftschrauben von Flugzeugen in Kurvenbewegung — Inhalt des ersten Abschnittes —, oder die Kreisel sind absichtlich als kinetisches Element dem Mechanismus einverleibt worden. Dann kann die *beabsichtigte* Wirkung eine zweifache sein, je nachdem die Masse des Kreisels (oder genauer seine Trägheit) einen wesentlichen Teil der gesamten Masse oder Trägheit des Mechanismus ausmacht oder nicht. Im ersteren Falle wird ihm ein vom Kiesel beherrschtes Verhalten aufgeprägt, sie heißen beim Verfasser unmittelbare Stabilisatoren und werden je nach Art ihrer Aufgabe eingeteilt in Richt- (Beispiele: rotierende Himmelskörper überhaupt, Langgeschosse aus gezogenem Lauf), Stütz- (Howeltorpedo, während das Whiteheadtorpedo den mittelbaren Stabilisatoren zugerechnet wird, Einschienenbahn nach den Systemen des jüngst verstorbenen *Scherl* und *Brennau*) und Dämpfungskiesel (markantes und einziges, wenn auch in der Technik aufgegebenes Beispiel der Schicksals Schiffskreisel). Davon handelt der dritte und letzte Abschnitt. Die mittelbaren Stabilisatoren wirken nur als Richtungszeiger wie an den Foucaultschen Gyroskopen, dem Gilbertschen Barygyroskop, den künstlichen Lotlinien und Horizonten für Flieger und Seeleute oder betätigen einen Steuermechanismus, wie den Obryschen Geradläufer, die künstlichen Flugzeugstabilatoren. Einen besonderen Paragraphen in diesem zweiten und mittleren Abschnitt nimmt die ausführliche Theorie des Kompaßkreisels in seiner hohen, technischen Vollendung von *Anschütz-Kämpfe*, samt seinen Mißweisungen und Fahrtfehlern, in Anspruch.

Knapp und klar ist die Darstellung; die Ergebnisse der mit besonderem Geschick immer nur das Wesentliche aus den Ansätzen, dies aber restlos, herausholenden Diskussion, sei es etwa mit Hilfe der Methode der kleinen Schwingungen oder algebraischer Überlegungen, werden in prägnanten Sätzen festgelegt. Der Weg zu Einzelstudien ist durch die am Schluß zusammengestellten, reichlich gegebenen literarischen Nachweise gebahnt. Die Figuren sind ganz vortrefflich gezeichnet, originell und geschickt angelegt, kräftig ausgeführt, und mit der Einfügung von Vektorpfeilen als graphisches Hilfsmittel zum mechanischen Verständnis ist nirgends gespart worden. Nicht zu vergessen die schon eingangs gestreiften Versuche des Verfassers, an Stelle der oft schwerfälligen, viel zu langen oder sinnwidrigen, wenn auch z. T. ehrwürdigen Fachausdrücke der theoretischen Mechanik aus einer überlebten Zeit kurze, z. T. neue Benennungen zu setzen wie z. B. die schon viel gebrauchte Wucht für lebendige Kraft oder kinetische Energie, Schwung für Drehimpuls, Trieb für Impulseresultante usw. Da

könnten auch gleich die von *Poinsot* noch herrührenden Wortungeheuer Polhodie und gar Herpolhodie verschwinden, für die es bereits treffliche deutsche Wörter gibt.

Allein die ausschließlich in Durchschnitt, Grund- oder Aufriß gegebenen Darstellungen der meist recht verwickelten Kreiselapparate könnten wohl hie und da durch eine geeignete perspektivische (oder axonometrische) Skizze ergänzt werden. So z. B. vermißt der Laie ein wenigstens schematisches, aber anschauliches Bild des gesamten Leitwerkes eines Flugzeuges, von dem doch sehr viel die Rede ist. Auch scheint mir im ersten Teil der entscheidende Schritt von der Punkt- zur Systemmechanik, der vom D'Alembertschen Prinzip geleistet wird, zu sprunghaft (S. 13), die Zerlegung des Reibungsansatzes (S. 84) bedenklich.

Diese geringen Ausstellungen vermögen den großen Wert der bis in die Einzelheiten peinlich sauberen und zuverlässigen Arbeit *Grammels* nicht zu beeinträchtigen. Sie verdient einen Platz in der Bücherei jedes auf dem Kreiselgebiet verkehrenden wissenschaftlichen Technikers und Physikers, selbstredend des „angewandten“ und des durch seine Abstraktionen noch nicht gänzlich eingesponnenen Mathematikers, der von alters her auch die theoretische Mechanik zum gelegentlichen Tummelplatz seiner Spekulationen zählt. Ist doch der Verfasser an ihrem An- und Ausbau durch zahlreiche eigene Untersuchungen beteiligt. Ihre Ergebnisse sind, wie schon angedeutet, in diesem Buche überall verwertet.

M. Winkelman, Jena.

Wiener, Otto, *Fliegerkraftlehre*. Leipzig, S. Hirzel, 1920. XV, 240 S. Preis geh. M. 24,—; geb. M. 32,—.

Das Buch ist aus Vorträgen entstanden, die der Verf. während des Krieges vor Fliegern und Flugschülern gehalten hat. Es hat das Ziel, in leichtfaßlicher Weise die wesentlichen Gesichtspunkte des Flugwesens und der Aerodynamik darzulegen und den Zusammenhang mit den allgemeinen physikalischen Gesetzen klarzustellen.

Zuerst werden unter Vermeidung aller Formeln die allgemeinen Verhältnisse des stationären und des gestörten Fluges, einschließlich der Phygoidtheorie und des Segelflugs dargelegt. Dann folgt die genauere, auch teilweise numerische Beschreibung der Luftkräfte, des Zusammenwirkens von Motor, Schraube und Flugzeug und die Berechnung der Flugleistungen. In einem weiteren Teil über die „allgemeine Kraftlehre des Fliegens“ wird auf einige für den Flieger wichtige Probleme hingewiesen, die ein tieferes Eindringen in die Dynamik erfordern; um das Verständnis dieser Erörterungen auch dem mechanisch weniger vorgebildeten Leser zu erleichtern, sind in einem besonderen Teil die wichtigsten Begriffe, Sätze und Formeln der allgemeinen Mechanik zusammengestellt. Ob damit weiteren Kreisen das Verständnis eröffnet werden kann, scheint fraglich; vielleicht wäre es doch besser gewesen, den zur Verfügung stehenden Raum nur für aerodynamische Ausführungen zu verwenden.

Die Darstellung ist angenehm und leicht faßlich; die Auswahl des Stoffes könnte vielleicht dem jetzigen Standpunkte der Aerodynamik besser angepaßt sein, so daß z. B. weniger vom Verhalten ebener Flächen die Rede wäre, oder daß die Hauptgesichtspunkte der Prandtl'schen Arbeiten über endliche Flügel dargelegt würden und desgl. Auf Vermeidung von Fremdwörtern ist sehr großer Wert gelegt.

L. Hopf, Aachen.

Bader, H. G., *Grundlagen der Flugtechnik*. Entwerfen und Berechnen von Flugzeugen. Leipzig, B. G. Teubner, 1920. 194 S. und 47 Fig. Preis geh. M. 18,—; geb. M. 22,—.

Dieses Werk ist kein Lehrbuch; die Erklärungen sind sehr kurz gefaßt, und das Hauptgewicht ist auf das wirkliche praktische Problem, die Berechnung eines Flugzeugs gelegt. Dabei ist die Festigkeitsberechnung ausgeschlossen; die Probleme der aerodynamischen Berechnung sind aber alle ausführlich behandelt, sowohl die Leistungsberechnung wie auch die Berechnung der Steuerorgane und der Stabilität und das Verhalten bei Anlauf und Landung. Der Versuch, in all diesen Fragen systematische Durchrechnung an Stelle praktischer Schätzung treten zu lassen, ist durchaus zu begrüßen; dagegen erscheint es dem Referenten zweifelhaft, ob der von *Bader* eingeschlagene Weg wirklich gangbar ist. Die Darstellung ist wenigstens derart überlastet mit mathematischen Entwicklungen, Minimumberechnungen usw., daß es außerordentlich schwer ist, hindurchzufinden; auf 142 Seiten finden sich 579 Formeln (vom Autor, nicht etwa vom Referenten gezählt!). Zudem erschwert die Wahl der Bezeichnungen, die fast durchweg von den üblichen abweichen, das Verständnis. Die vollständige rechnerische Durchführung eines Beispiels und eine Zusammenfassung, in welcher die physikalischen Zusammenhänge ohne mathematische Entwicklungen dargelegt werden, bringen manche Anregung, auch wenn man nicht in allen Anschauungen dem Verfasser folgen kann.

L. Hopf, Aachen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Richtigstellung.

In Nr. 15, S. 254 dieser Ztschr. hat Herr *Study* eine ziemlich scharfe Kritik an *O. Hertwigs* Kampf gegen den Darwinismus geübt. Er bemängelt insbesondere, daß *Hertwig* gewisse politische und soziale Erscheinungen mit den Lehren *Darwins* in Verbindung gebracht habe, so daß die letzteren geradezu als gemeingefährlich erscheinen müßten. Da *Study* bei dieser Gelegenheit auch den Keplerbund erwähnt und diesem zutut, daß er dem Ruf nach der Polizei gegen die bösen Darwinisten freudig zustimmen würde, da ich ferner annehmen muß, daß seine Äußerung auf einem von mir verfaßten Leitartikel unserer Zeitschrift „Unsere Welt“, Nr. 1, 1921, fußt, worin ich ein paar Zitate aus *Hertwig* angeführt hatte, so sehe ich mich genötigt, folgendes zu erklären:

In den von mir zitierten Worten (aus „Werden der Organismen“ S. 635, 710) hat *Hertwig* nur eine unzweifelhafte geschichtliche Tatsache mit sehr treffenden Worten wiedergegeben: Das erstaunlich rasche Durchdringen der Darwinschen Lehren ist sicher großenteils auf ihre anscheinende Übereinstimmung mit einer ganzen Anzahl politischer, wirtschaftlicher u. a. Bestrebungen zurückzuführen, die dann auch umgekehrt derartige Bestrebungen sich der aus der Biologie entnommenen Schlagwörter vom Kampf ums Dasein usw. ausgiebig bedient haben, obwohl dies zu schlimmen Mißdeutungen führen mußte, weil, wie *Hertwig* sagt, aus der Darwinschen Lehre wie aus einem Orakelspruch jeder entnehmen konnte, was ihm paßte. Nur diese Worte *Hertwigs* habe ich beistimmend zitiert. Wenn *Hertwig* darüber hinaus sowohl in diesem Zusammenhang wie anderswo es nicht ganz vermeidet, die Darwinsche Lehre selbst mit der Verantwortung für solche Folgerungen zu belasten, so lehne ich das mit

Study ab und habe deshalb derartige Worte mit gutem Bedacht nicht mit zitiert. Es ist daher ungerechtfertigt, wenn *Study* dem Keplerbund aus der Zustimmung zu jenen ganz einwandfreien Worten *Hertwigs* einen Vorwurf macht.

Der Keplerbund tritt vielmehr nach seinen Grundsätzen dafür ein, daß naturwissenschaftliche Probleme, wie die Frage nach den treibenden Kräften der Artenbildung, nicht mit politischen, wirtschaftlichen, religiösen oder antireligiösen und anderen Tendenzen vermengt werden, die aus ganz anderen Quellen entspringen. Solche Vermengung zerstört erstens die wissenschaftliche Unbefangenheit, fördert zweitens in zahlreichen Fällen schädliche Bestrebungen durch das Umhängen eines wissenschaftlichen Mäntelchens und schädigt drittens vielfach auch die gute Sache durch Belastung mit unhaltbaren Beweisführungen. Die Frage nach der Tragweite der Darwinschen Prinzipien in der Biologie ist der Fachwissenschaft zu überlassen.

Gerade weil ich in der Sache, wie der ganze weitere Aufsatz zeigt, weitgehend mit *Study* übereinstimme, muß ich mich gegen seine Äußerung verwahren, auch glaube ich nicht, daß die wünschenswerte Beruhigung der Gemüter durch den scharfen Ton *Studys* gefördert wird.

Wenn ferner die Schriftleitung die kurze Bemerkung hinzufügte, daß *Hertwig* es abgelehnt habe, auf die Zuschrift *Studys* zu antworten, so mag für der Sachlage Unkundige hier hinzugefügt sein, daß man von Herrn Geheimrat *Hertwig* bei seinem hohen Alter schwerlich mehr wird verlangen können, sich auf derartige Polemiken einzulassen.

Bielefeld, Mai 1921.

Dr. B. Bavink,
wiss. Leiter des Keplerbundes.

Geographische Mitteilungen.

Angola (Hugo Marquardsen; mit 13 Bildertafeln, 5 Textskizzen und 1 Karte in 1:2 000 000; Berlin 1920). Trotz ihres Alters und der in ihr schlummernden wirtschaftlichen Möglichkeiten gehört die portugiesische Kolonie Angola zu den unbekannten Räumen Afrikas. Das ist um so mehr zu verwundern, als Material für eine hinreichend eingehende landeskundliche Darstellung in den Ergebnissen zahlreicher Forschungsreisen vorliegt, nicht zum geringsten in jenen der von *Bastian* eingeleiteten, von *Pechuel-Loesche* geförderten und etwa in den Reisen *Wißmanns* ausklingenden deutschen Forschungsperiode. Aus diesen durch die Verwendung bisher unveröffentlichter Aufzeichnungen vermehrten Bausteinen schuf der Verfasser als Geograph des Reichskolonialamtes eine Monographie der Kolonie, die im Verein mit einer auf neuesten Grundlagen beruhenden, aus der Werkstatt des berühmten Kartographenpaares *Spigade* und *Moisel* hervorgegangenen Karte größeren Maßstabes wohl für längere Zeit der Ausgangspunkt aller Studien dieser Kolonie sein wird. — Die Darstellung schickt die Landes- und Erforschungsgeschichte abschnittsweise voraus und setzt deshalb in Abweichung von der üblichen „Tretmühle“ länderkundlicher Stoffanordnung der Menschen an die erste Stelle. Dieses Verfahren, durch das der Leser organisch und ohne Sprünge in die Materie eingeführt wird, und das den auch für den Geographen wichtigen geschichtlichen Ereignissen einen angemessenen Raum zuweist, darf als vorbildlich für die Schilderung wenig bekannter Länder gelten. Der im üblichen, einer Ver-

besserung kaum bedürftigen Rahmen gegliederten Landesbeschreibung folgt eine Reihe der jüngsten Forschungsperiode entstammender, die kolonialen und Wirtschaftsverhältnisse betonender Reiseschilderungen Dr. *Gleims* und als Schlußabschnitt ein wirtschaftsgeographisches Gesamtbild. — Seiner Oberflächengestaltung nach stellt Angola ein Hochland vor, das im Westen mit einer kristallinen Stufe zu einem niederen, an der Küste kretazeisch-tertiärem Vorlande abbricht. Dieses ist unter der Wirkung der kühlen Küstenströmung trocken, jenes empfängt nach dem Innern zu wachsende Niederschläge, die einem einfachen Wechsel von Regen- und Trockenzeit unterliegen. In Übereinstimmung hiermit verteilen sich Wüste, Steppe, Savanne, Trocken-, Busch- und Hochwald über das Land. Den Pflanzenformationen entsprechen die wirtschaftlichen Möglichkeiten: Viehzucht im Graslande, Anbau von Baumwolle in den trockenere, von Zuckerrohr in den feuchteren Strichen, Palmölgewinnung im äquatorialen Norden. Dazu kommt die Ausbeute an Kautschuk, Kapok, Sanseveria- und Sisalfasern und Wachs aus dem ungeheuren Bienenreichtum. Die Siedlungsmöglichkeiten für den Europäer hat *Marquardsen* in vorbildlicher Weise nach der Dauer des Aufenthaltes geschieden und kartographisch veranschaulicht. Die südliche Strecke der Küste (s. Mossamedes) und die 1500 m überschreitenden Teile des Hochlandes sind zur Dauersiedlung; die Küstenstriche nördlich Mossamedes und Benguela und die großen 1000–1500 m emporragenden Flächen zu langfristiger Ansiedlung geeignet, während der Rest nur einen kurzen Aufenthalt zuläßt. Im ganzen sind also die Besiedlungsaussichten ebenso günstig wie die der wirtschaftlichen Entwicklung. — Das Hervorheben praktischer Gesichtspunkte macht das Werk, ganz abgesehen von seinem grundlegenden wissenschaftlichen Werte zu einem nützlichen Leitfaden für den Auswanderer, dessen Einströmen die politische Augenblickslage kaum lange hindern können wird. — Der Verfasser hat das Erscheinen seines Buches nicht erlebt. Der fruchtbringenden wissenschaftlichen Tätigkeit des Reichskolonialamtes, in dessen Dienste er arbeitete, ist der Boden entzogen. Den einen der beiden Schöpfer der Karte, *Moisel*, hat der Tod ereilt. So ist *Marquardsens* „Angola“ ein posthumes Werk und ein Markstein in der Geschichte unserer kolonialen Literatur.

Zur Kenntnis der Panamaenge. Das rege Interesse, das die Amerikaner als Inhaber des Panamakanals seiner weiteren Umgebung widmen, zeitigt in rascher Folge Beiträge zur Kenntnis dieses seiner kontinentalen Zwischenstellung wegen besonders interessanten, bislang infolge seiner dünnen Besiedlung und der Anwesenheit noch unzivilisierter Indianerstämme nur lückenhaft bekannten Gebietes. Dem jüngst wieder gegebenen Berichte *Browns* über die Erdbeben und Rutschungen in der Kanalzone („Naturwissenschaften“ 1921, S. 20) schließen sich neuerdings belangreiche Studienergebnisse über Klima und Biogeographie an. (*Charles F. Brooks; Notes on the climate of Panama; Physiogeography and Life zones of Panama; the geographical Review*, New York 1920, S. 267.) — Was die Niederschläge anlangt, so wurde im November 1911 gelegentlich eines wolkenbruchartigen Regens in Porto Bello an der atlantischen Küste mit 62 mm in 3 Minuten ein Wert gemessen, der die bisher aufgestellten Höchstwerte der Erde bei weitem hinter sich läßt. Dabei dürfen Güsse ähnlicher Stärke in Panama gar nicht einmal als Ausnahmen betrachtet werden. Vorwiegend benetzt ist die atlantische Abdachung, wo

das Jahresmittel in der Kanalzone 250 cm überschreitet. Diese echt äquatorialen Verhältnisse erklären die häufigen Rutschungen, die Versumpfung des Landes, die Malaria- und Gelbfiebergefahr und den Mißerfolg der älteren Kanalunternehmung. — Ebenso gehört Panama mit 50—75 % je nach Jahreszeit zu den Gegenden höchster *Bewölkung*; gleichwohl wurde die längste sonnenscheinlose Periode mit nur 4 Tagen beobachtet und festgestellt, daß im Monat im Mittel nur 1 Tag völlig bewölkt ist. Man unterscheidet eine Regenzeit (April bis November), deren höchste Temperaturen hinter denen des kontinentalen Nordamerikas zurückbleiben und eine etwas kühlere Trockenzeit (Dezember bis März), während der die atlantische Seite unter der Wirkung stärkerer Winde minder bewölkt ist. Trotz seines feucht-tropischen Charakters ist das Klima, wie die Erfahrung lehrt, im Vergleich mit anderen äquatorialen Gegenden als verhältnismäßig günstig anzusehen. Der Weiße kann Muskellarbeit verrichten, ohne der Gefahr des Sonnenstiches und Hitzschlags stärker ausgesetzt zu sein als selbst in den Oststaaten der Union.

In Übereinstimmung mit den klimatischen Verhältnissen steht die *biogeographische Gliederung* des weiteren Panamagebietes in einen feuchteren atlantischen Gürtel mit immergrünem Walde und in einen trockeneren pazifischen mit Grasland und laubabwerfenden, zu Waldinseln vereinigten Bäumen. Mit 1000 m Höhe beginnt, ausgezeichnet durch Palmenreichtum, die höhere tropische Region, der sich jenseits 2700 m eine nur inselförmig entwickelte gemäßigte mit unansehnlichem Walde und borealer Prägung anschließt. Zu einer Charakteristik der biogeographischen Zwischenstellung zwischen dem nördlichen und dem südlichen Kontinente, insbesondere zu einer Einsicht in die Einflüsse der tertiären Landunterbrechung auf die Ausbreitung der Pflanzen und Tiere reichen die gegenwärtigen Erfahrungen nicht aus.

Die Sümpfe Georgias in den Vereinigten Staaten. (Roland M. Harper, *Swamp lands of Georgia; the Geographical Review*, S. 344, 1920.) Bekanntlich ist die Ostküste der Vereinigten Staaten von einem ausgedehnten Bande sumpfigen Geländes gesäumt, das wegen seiner eigenartigen Sumpfpflanzenbestände von hervorragendem geographischen und wegen seiner Anklänge an die in unseren Braunkohlenlagern vorliegenden fossilen Sumpfbildungen auch von erdgeschichtlichem Interesse ist. Das Bestreben, diese nutzlosen Flächen der Kultur immer dienstbarer zu machen, hat in jüngster Zeit in dem Unionstaate Georgia wertvolle Ergebnisse gezeigt, praktische wie auch wissenschaftliche, die über die Grenzen dieses Staates hinaus von Bedeutung für das Verständnis des ganzen Landschaftsgürtels sind. — Georgia ist, wie die Nachbarstaaten durch seine Gliederung in eine den Appalachen angehörende Gebirgszone, ein hügeliges Vorland (Piedmont) und eine sanft zur flachen Küste fallende Ebene ausgezeichnet. Das Gebirgsland ist arm an Sümpfen (in den sumpfreichsten Teilen bis 4 % der Fläche). Das Hügelland enthält Sümpfe im Bereiche der Flüsse (bis 14 %), die Küstenebene ist von breiten versumpften Flußauen und von ausgedehnten flachen Senken des Zwischengeländes ausfüllenden Taxodiumsümpfen bedeckt (bis 80 %), die im Meeresniveau in Brackwasser und Salzsumpfe übergehen (bis 70 %). Das Klima, durch vorwiegende Sommerregen gekennzeichnet, ist — weil die Niederschläge der Verdunstung die Waga halten — sumpffördernd.

Die spärlichen Sümpfe im Gebirge erscheinen im Hinblick auf ihre Lage auf Hochebenen und in Tal-senken topographisch bedingt. In der überaus flachen, gefällsarmen Küstenregion erklärt sich die starke Versumpfung aus dem Zusammentreffen zweier begünstigender Grundlagen, der topographischen und der klimatischen. Im Hügellande stehen Relief und Versumpfung im Widerspruch. Hier ist die letzte denn auch keine ursprüngliche und natürliche, sondern eine Folge verkehrter Bodenkultur, die zur Entblößung des höherliegenden Geländes von lockerem Erdreich, zu übermäßiger Abspülung und Verschlammung der Flüsse und zu ungenügender Entwässerung geführt hat.

Man unterscheidet mit Rücksicht auf die Entwässerungsmaßnahmen dauernde Sümpfe (swamps), periodische (bottoms), Sumpfseen (ponds), mehr oder geringer nasses Grasland und Gezeitenmarsch. Zur Beseitigung der Hügelandsümpfe dient die Wiederherstellung genügenden Abflusses mittels Freibaggerung der verstopften Abzugsrinnen. Die Sumpfflächen des flachen Landes werden, soweit der Boden tonig und fruchtbar ist, durch Kanäle, die minder feuchten durch Bodendränierung trocken gelegt. Sümpfe mit sandigem Untergrund lohnen Entwässerungsmaßnahmen nicht.

Die bisherigen Ergebnisse haben zu einer Einschränkung der Sumpfflächen in der Hochlandsregion auf $\frac{1}{3}$, in der Küstenebene auf fast $\frac{1}{3}$ der ursprünglichen Ausdehnung geführt. Entsprechende Statistiken der benachbarten Staaten Nordkarolina, Alabama und Westflorida zeigen ähnliche Verhältnisse.

B. Brandt.

Ornithologische Mitteilungen.

Über die Gestalten der normalen und abnormen Vögel. Dr. A. Szielasko hat vor kurzem Dr. A. Szielasko eine eingehende Arbeit bei W. Junk in Berlin erscheinen lassen. Sie behandelt auf Grund mathematischer Untersuchungen einen Gegenstand, der in der Oologie bisher nicht erörtert worden ist. Die Veröffentlichung schließt sich früheren Arbeiten des Verfassers an. Die Untersuchungen über die Bildungsgesetze der Vogeleier, über die Gestalt der Eier und über die Bildung der Eischalenstruktur, die von 1903—1913 erschienen waren, bilden die Vorarbeiten für das neueste Werk. In logischer Folge schließt sich dasselbe den früheren Untersuchungen an.

Vertraut mit den mathematischen Rechnungsmethoden und der den Gegenstand behandelnden Literatur, orientiert über die durch Panum, Nathusius, Imnermann, Kutter u. a. aufgeworfenen Fragen, führt Szielasko in der vorliegenden Arbeit den sicheren Nachweis, daß das Vogelei nach ganz bestimmten, mathematisch festgelegten Gesetzen gebildet ist. In der Vorarbeit, welche sich mit der Gestalt der Vogeleier beschäftigte, war bereits in dem rein mathematischen Abschnitt darauf hingewiesen worden, daß sich die Frage der Form des Eies in einfacher Weise durch Differentialrechnung lösen lassen müsse. Es handelte sich also zunächst darum, die Eikurven mathematisch zu konstruieren, um alsdann auf Grund der gefundenen Ergebnisse Tabellen aufzustellen, die für die deskriptive Oologie praktische Bedeutung gewinnen können.

Die mathematischen Untersuchungen Szielaskos ergeben mit Sicherheit, daß die Eikurve eine komplizierte Kurve vierten Grades darstellt, und daß sich für die Gestalt normal gebauter Eier eine bestimmte Formel ergebe, die als eine konstante, feststehende an-

gesehen werden darf. Ein anderes Resultat brachte die mathematische Untersuchung abnormer Eier. Hier zeigte sich die Notwendigkeit, zwischen diesen und den normal gebauten Eiern scharfe Grenzen zu ziehen und mathematisch festzulegen.

Die Konstruktion der Kurven wird von dem Verfasser auf das eingehendste behandelt. Ob es viele Oologen geben wird, die den mathematischen Ausführungen *Szielaskos* zu folgen in der Lage sind, möchte Ref. bezweifeln. Es würde dies immerhin eine nicht unbedeutende Kenntnis der Behandlung mathematischer Fragen voraussetzen. Der Verf. sagt selbst an einer Stelle seines Buches, daß sich vielleicht nur wenige finden werden, die mathematischen Analysen selbst auszuführen. Der praktische Oologe wird daher mit Freuden die Tabellen begrüßen, die dem Schluß der Untersuchungen angefügt sind. Sie behandeln die Zahlenwerte der verschiedenen Eigestalten in 34 Formentafeln und geben in 12 Gruppen jede nur mögliche Eigestalt wieder. Sie zeigen, wie die Formen neben-, über- und untereinander allmählich in der Natur ineinander übergehen. Viel des Interessanten enthalten auch die rein oologischen Kapitel des Buches. Dahin möchte z. B. der Abschnitt über die Gestalt der sogenannten birnenförmigen Eier zu rechnen sein. Auch sie sind nach des Verf. Untersuchungen den Gesetzen der einfachen und zusammengesetzten Eikurven unterworfen. Bekanntlich gibt es viele Eier, die eine reine Birnenform besitzen, „aber es kommen andererseits viele Birnen vor, deren Form die Vogeleier nicht nachahmen oder, soweit das Gesetz der zusammengesetzten Eikurve in Betracht kommt, nicht nachahmen können“. Es gibt eben birnenförmige Eier nur bis zu einer bestimmten Grenze.

In einem anderen Kapitel werden die natürlichen Übergänge von einem kugelförmigen Ei zu einem walzenförmigen einerseits und zu einem zugespitzten, pfeilförmigen andererseits, ferner der Umfang eines Eies, welches wichtig für dessen Größe ist, u. a. behandelt.

Ref. möchte sich nicht als kompetent erachten, über die mathematischen Deduktionen des Verf. ein Urteil abzugeben, möchte indessen glauben, daß durch sie der Weg zu exakten Arbeitsmethoden für diese Fragen in der Oologie geöffnet wird. —

Aus dem Zoologischen Institut der California University ist in den letzten Jahren eine Reihe von Arbeiten hervorgegangen, die sich für die Klärung faunistischer und systematischer Fragen in der Ornithologie von nicht geringer Bedeutung erwiesen haben. Dahin gehören vornehmlich die Veröffentlichungen von *Joseph Grinnell* und *Harry S. Swarth*. Diesen beiden Männern danken wir in erster Reihe die Bearbeitung der zoologischen Ergebnisse der durch Miß *Annie M. Alexander* in großzügigster Weise in das Leben gerufenen Forschungs Expeditionen nach Alaska. Vor kurzem hat *Swarth* in den *University of Cali-*

fornia Publications of Zoology (Band 21, 1920) eine ausgezeichnete Studie über die Gattung *Passerella*, den **Fuchssperling**, veröffentlicht. Mit Recht bezweifelt *Witmer Stone*, der verdiente Vorsitzende der Amerikanischen Ornithologischen Gesellschaft, ob die geographischen Formen einer einzelnen Gattung je in einer so eingehenden und sorgfältigen Untersuchung behandelt worden sind, wie dies hier geschehen. Und man muß ihm hierin durchaus beipflichten.

Die Gattung *Passerella*, wie wir sie heute begrenzen, besitzt nur eine einzige Spezies. Sie ist auf Nordamerika beschränkt und über den größten Teil des genannten Kontinentes verbreitet. *Swarth* unterscheidet 16 Formen der Art, deren Färbungsvariationen, Vorkommen, Zugerscheinungen und Biologie eine außerordentlich sorgfältige Behandlung finden. In früheren Arbeiten hatte er bereits eine Anzahl dieser Formen neu beschrieben. Es handelte sich bei diesen um sehr subtile Färbungs- und Morphologieunterscheidungsmerkmale. Dem persönlichen Formenempfinden des einzelnen muß es überlassen bleiben, wieweit er diese Subspezies anerkennen und sich den Schlüssen gegenüber verhalten will, die zoogeographisch aus der Annahme derselben gezogen werden können.

Während der Fuchssperling in dem östlichen Teil seines Vorkommens in Nordamerika einen sich kaum ändernden Habitus zeigt, läßt sich *Passerella iliaca* an der pazifischen Küste und in den Gebieten der Rocky Mountains in Reihen von Formen aufteilen, die *Swarth* mit Gruppennamen bezeichnet. Diese letzteren können für spätere Untersuchungen die Gefahr bringen, als Gattungen aufgefaßt zu werden, was nicht den Ansichten des Verfassers entsprechen dürfte. Der Hauptwert der *Swarthschen* Untersuchungen dürfte in der Bedeutung liegen, welche dieselben hinsichtlich der Art und des Umfangs der Variation der Formen wie der Abhängigkeit dieser Erscheinung von Verbreitung, Vorkommen und Einfluß der Umwelt bietet. *Swarth* glaubt aus seinen eingehenden Studien den Schluß ziehen zu dürfen, daß die trennenden Grenzen zwischen den einzelnen Formen nicht mit „physical barriers“, wie man dies vielfach angenommen, zusammenfallen, ausgenommen vielleicht das Vorkommen der auf die Kadiakinsel beschränkten Form *Passerella iliaca insularis*. Hinsichtlich dieser zoogeographischen Fragen enthält die Arbeit ein ganz außerordentliches Material. Nicht weniger als 1600 Bälge standen hierfür zur Verfügung. Sehr instruktiv sind die der Behandlung der einzelnen Formen beigefügten Kartenskizzen mit der Einzeichnung der Köpfe der verschiedenen Subspezies, welche die Variation der Schnäbel der letzteren zeigen und ein Bild der Verbreitung der nahestehenden Formen geben.

Die beiden Arbeiten, über welche in vorstehendem kurz referiert wurde, bieten viel des Neuen. Sie erschließen uns neue Kenntnisse, und diese schaffen wieder neue Probleme. *Herman Schalow.*

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften. 1920.

6. Dezember 1919. Sitzung der mathematisch-physischen Klasse.

Herr *Koßmat* sprach über *Wesen und Grundlage der morphologischen Wissenschaft* von *W. Penck*. Der Vortragende ging von dem Einfluß der entogenen und exogenen Kräfte auf die Gestaltung der Erdoberfläche aus, mit denen die Morphologie, ein Grenzgebiet zwischen Geologie und Geographie, bei der Unter-

suchung der Gebirgsbildung zu rechnen hat. Im Gegensatz zum Amerikaner *Davis*, der in dem von ihm aufgestellten Erosionszyklus die Gebirgsbildung als etwas Fertiges annimmt und die exogenen Kräfte erst nachträglich darauf einwirken läßt — eine methodisch durchaus nicht zulässige Vereinfachung —, erschließt *Penck* mehr auf deduktivem Wege die Gesetze der morphologischen Landbildung, indem er ein Nebeneinanderhergehen von Hebung und Abtragung unter öfters stattgefundenener gegenseitiger Beeinflussung und Stö-

lung nachweist. — Hierauf legte Herr Rinne eine unter seiner und M. Seebachs Leitung ausgeführte Studie von M. Kemter über die kristallographischen Verhältnisse der chemischen Reaktion von Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure auf den Cölestin vor. Das Mineral hat sich als ein ausgezeichnetes Beispiel für einen mit der Richtung intensitätsmäßig wechselnden Vorgang chemischer Art erwiesen, und zwar in dem Sinne, daß sich jeweils Richtung und Gegenrichtung gleich verhalten, wobei jeder von den drei studierten chemischen Vorgängen indes besondere Richtungen der Intensitätsabstufung des Angriffes vorführt.

12. Januar 1920. Sitzung der mathematisch-physischen Klasse.

Herr Rinne hält einen Vortrag über die *Natur des Kristallwassers bei Zeolithen* und legt eine sich auf dasselbe Thema beziehende Abhandlung über die Wasserführung des Heulandit von Dr. Scheumann vor. In diesen Arbeiten wird die Frage diskutiert und experimentell verfolgt, ob das zeolithische Wasser wie bei Salzhydraten aufzufassen ist oder dem Silikat in fester Lösung zugehört. Die Frage wird zugunsten der zweiten Auffassung entschieden. — Weiterhin übergibt Herr Hölder eine Untersuchung der Herren Sember und Uibe: *Über die spektrale Polarisation des diffusen Sonnenlichts in der Erdatmosphäre*. 2. Teil. Zur Kenntnis der Haidingerschen Polarisationbüschel im blauen Himmelslicht. — 9. Bericht über die Ergebnisse der auf Teneriffa ausgeführten Arbeiten. Winkelmessungen ergaben eine je nach der Höhenlage über dem Horizonte unterschiedliche Größe der Polarisationsbüschel, die dem bloßen Auge im Horizonte doppelt so groß als im Zenith erscheinen, welche Größenvariation auf Grund vieler Beobachtungen zahlenmäßig durch die sichtbare Form des Himmelsgewölbes bedingt ist.

16. Februar 1920. Sitzung der mathematisch-physischen Klasse.

Geb. Rat Flechsig legte eine Arbeit seines Schülers Dr. phil. et med. Pfeifer vor, die sich mit *neuen myelogenetisch-anatomischen Untersuchungen über den kortikalen Verlauf der Hörleitung* befaßt. Die exakte Umgrenzung der kortikalen Hörsphäre gehört bekanntlich zu den wichtigsten Aufgaben der Hirnanatomie, schon wegen der fundamentalen Bedeutung des Hörzentrums für die Sprache und damit für den gesamten Intellekt überhaupt. Nach Experimenten am Tier, die von Munk, Ferrier, D. Monakow u. a. ausgeführt wurden, kamen anscheinend ausgedehnte Bezirke des Schläfenlappens dafür in Betracht. 1894 gelang es Flechsig zu zeigen, daß nur in einem sehr kleinen Teil des Schläfenlappens, nämlich der in der Sylvischen Furche verborgenen liegenden Querwindung, der kortikale Endausbreitungsbezirk der Hörstrahlung zu suchen sei. Anfangs viel umstritten, ist diese Anschauung neuerdings von allen maßgebenden Forschern akzeptiert worden. Die vorgelegte Arbeit behandelt die feineren Details des letzten Abschnittes der Hörstrahlung und ergänzt die bisher vorliegenden Forschungsergebnisse in überaus wichtiger Weise. Die Hörfasern bilden eine geschlossene Marklamelle, welche in dem oberen, hinteren Abschnitt der Hörwindung endigt und gewissermaßen eine Art Gehörklaviatur bildet. Die Ergebnisse sind wichtig für die gesamte Aphasielehre.

3. Mai 1920. Sitzung der mathematisch-physischen Klasse.

Herr Professor F. Kofmat berichtete über die *Beziehungen zwischen dem geologischen Bau und den Schwerestörungen der Erdrinde*. Während die jungen Kettengebirge Europas durch negative Schweranomalien ausgezeichnet sind, zeigen die nordwestlich gerichteten Aufwölbungen der Rumpfgebirge Mittel- und Westdeutschlands Schwerüberschuß, der sich zum Teile unter die Tiefbeine fortsetzt und bei weiterer Verdichtung des Beobachtungsnetzes noch erlauben dürfte, für die Frage der Aufsuchung einzelner Stücke der im allgemeinen tief versenkten Fortsetzung des westdeutschen Kohlenreviers Anhaltspunkte zu liefern. —

Hierauf trug Herr Le Blanc vor *Über optisch leere Flüssigkeiten*. Nach Versuchen von Herrn Wolski. Unter optisch leeren Flüssigkeiten versteht man solche, die, von einem starken Lichtstrahle durchsetzt, keine Erhellung des vom Lichte getroffenen Teiles, keinen sogenannten Tyndallkegel zeigen. Bisher war es nicht gelungen, derartige optisch leere Flüssigkeiten herzustellen. Es erhob sich nun die Frage, ob diese optische Heterogenität durch fremde Beimengungen, wie kleine Staubteilchen und dergleichen, oder durch Komplexmolekeln der Flüssigkeiten selbst hervorgerufen würde. Zur Klärung der Sachlage wurde von neuem die Herstellung optisch leerer Lösungen angestrebt, und zwar dieses Mal mit Hilfe der Ultrafiltration, wodurch äußerst kleine Teilchen der Flüssigkeit getrennt werden können. Nach den bisherigen Vorschriften über die Herstellung von Ultrafiltern gelang die Gewinnung optisch leerer Flüssigkeiten nicht, im Ultramikroskop konnte ohne weiteres eine große Anzahl leuchtender Punkte, deren jeder einem diskreten Teilchen entsprach, nachgewiesen werden. Die Zahl der leuchtenden Punkte konnte zunächst im destillierten Wasser nicht unter 25 000 in 1 ccm herabgedrückt werden. Durch Verwendung besonders präparierter seidener Ultrafilter gelang aber schließlich die Herstellung von optisch leerem Wasser und von anderen Flüssigkeiten bzw. Lösungen. Die Konstitution dieser Lösungen ist also nicht derart, daß bei Anwendung der benutzten Hilfsmittel Komplexmolekeln zu entdecken sind, die eine optische Heterogenität gegenüber der Umgebung zeigen.

7. Juni 1920. Sitzung der mathematisch-physischen Klasse.

Die Sitzung wurde eröffnet durch einen Vortrag des Herrn Rinne über *„Röntgenographische Forschungen im mineralogischen Institute der Universität Leipzig zur Ermittlung kristallstereochemischer Formeln“*. Herr Rinne besprach darin die Ergebnisse einer unter seiner und E. Schiebolds Leitung von Frln. Lotte Berndt ausgeführten Untersuchung über den Feinbau des Minerals Olivin. Es handelt sich dabei um das erste Beispiel einer experimentell objektiv festgestellten chemischen Raumformel eines Silikats. Die mittels Röntgenstrahlung bei der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse berichtigten die bisherigen Annahmen in tiefgehender Weise. In den wissenschaftlichen Beirat des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie wurde Herr Meisenheimer abgeordnet. Die Bedeutung der deutschen Wissenschaft für das Ausland zeigten erneut mehrere Gesuche um Schriftenaustausch, die in der vorhergegangenen Sitzung aus den Vereinigten Staaten, dieses Mal aus Norwegen und Japan vorlagen.

1. Juli 1920. Öffentliche Sitzung.

Der vorsitzende Sekretär, Herr Le Blanc, eröffnete die Sitzung durch einen Bericht über das abgelaufene Jahr, aus dem folgendes in extenso mitgeteilt sei. Die Sächsische Akademie der Wissenschaften, die heuer zum ersten Male am Geburtstage Leibnizens zusammentritt, während bisher immer dessen Todestag, der 14. November, als Leibniztag galt, begeht damit zugleich die Feier ihres 74jährigen Bestehens. Zuvor Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften geheißene, führt sie den jetzigen Namen seit einem Jahre. In Verbindung hiermit steht auch eine inzwischen durch die Regierung genehmigte Änderung und Erweiterung der Satzung. Trotz der Ungunst der Zeiten hat die Akademie ihre Arbeiten zu fördern und die begonnenen Publikationen fortzuführen vermocht, wenn auch die bevorstehende fast völlige Erschöpfung ihrer Mittel manche wichtige Arbeit in den letzten Monaten zurückzustellen gebot. Wegen dieser Notlage haben sich die Akademien, Universitäten und Hochschulen zu einer Notgemeinschaft zusammengeschlossen zwecks Erlangung größerer Mittel vom Reiche. Bei der vor kurzen in Berlin deshalb stattgefundenen Besprechung mit dem Reichsfinanzminister ist von dem Vertreter der hiesigen Akademie, Herrn Le Blanc, besonders auf die deutsche Wissenschaft als

zurzeit fast einzigen Aktivposten des Reiches in der Welt und auf die ungeheure Bedeutung der deutschen exakten und Geisteswissenschaften für unsere internationalen wirtschaftlichen und damit auch politischen Beziehungen hingewiesen worden. Ein Zusammenbruch unserer Wissenschaft müßte auch eine weiter gar nicht abzusehende Verschlechterung unseres Ansehens im Auslande nach sich ziehen. Verglichen mit dem hohen Einsatz, um den das Spiel geht, bedeuten die zunächst angeforderten 20 Millionen Mark eine geringe Summe, der sich jedoch hoffentlich in Bälde andere aus industriellen Kreisen zugesellen werden, wozu schon reiche Ansätze vorhanden sind. Hierauf ergriff das Wort Herr Wiener zu einem Vortrag über das von ihm aufgestellte *Grundgesetz der Natur*. Es wird gewonnen durch Anwendung des Grundsatzes der geradesten Bahn in der hinterlassenen Mechanik von Lotz auf ein zusammenhängendes Mittel unveränderlicher Raumerfüllung, den Äther. Es folgt daraus die Erhaltung der grundsätzlich meßbar erscheinenden Absolutgeschwindigkeiten der Teilchen im Äther. Der Satz von der Erhaltung der Energie erfährt dadurch eine einfache Begründung und anschauliche Bedeutung. Die Theorie vereinigt die Züge der alten Physik mit denen der neuen, insbesondere der Relativitätstheorie. Diese hervorragend scharfsinnige Theorie von Einstein erhält dadurch die richtige Stellung im Lehrgebäude der Physik, als eines Grundsatzes, der mit gewisser Annäherung richtige Ergebnisse liefert, ohne daß man die Grundlagen der Theorie ernst zu nehmen und die den Gedanken einer Außenwelt zersetzenden Folgerungen, die man daraus zog, anzunehmen brauchte. Die neue Theorie des Vortragenden liefert zugleich eine einfache anschauliche Gravitationstheorie, die neben den bekannten schwerigen auch das Vorhandensein gegen schweriger oder antibarischer Massen vermuten läßt. Die Schwierigkeiten der Annahme unendlich werdender schweriger Massen in einer unendlich ausgedehnten Welt fallen fort, da die gegen schwerigen die Gesamtmasse Null werden lassen können. Die Frage, warum der Raum nur drei Dimensionen hat, erscheint beantwortbar. Raum und Zeit sind nichts Selbständiges, sondern nur Seiten des natürlichen Geschehens. Die Unmöglichkeit der Rückläufigkeit der Welt wird erweisbar, die sich in bestimmter Richtung entwickelt. Als ein Grundgesetz der ganzen Natur erscheint das neue Gesetz, weil es die Fähigkeiten der Ätherteilchen, wie Lebewesen auf Reize zu antworten, aufweist. Die ganze Welt erscheint dadurch im Innersten belebt und die Weltauffassung erfährt eine wissenschaftliche Begründung, die durch Goethe dichterische Verklärung gefunden hat.

19. Juli 1920. Sitzung der mathematisch-physischen Klasse.

Herr Rinne machte *röntgenographische Mitteilungen*. Aus dem umfangreichen Gebiete seiner nach dieser Richtung hin bereits angestellten Untersuchungen griff der Vortragende dieses Mal die Studie über den aus Kohlenstoff und Silicium bestehenden, für den Chemiker höchst wichtigen Karborund heraus, dessen Struktur er an der Hand von Modellen, die mittels röntgenographischer Methoden gewonnen worden waren, erläuterte. Der Karborund erwies sich danach als ein charakteristisches Beispiel des Polymorphismus, und zwar der Polytypie genannten Modifikation, indem infolge der verschiedenen Gruppierungsmöglichkeiten von Kohlenstoff und Silicium sozusagen mehrere Bautypen in das Gebäude hineinkonstruiert sind, unbekümmert um seine chemische Natur. Zugleich ist es aber auch ein hervorragender Vertreter des Isotypie genannten Stabilitätsbaues, insofern sich die regelmäßigen Tetraeder des Diamants auch bei ihm vorfinden. — Abschließend wurden noch einige Resultate aus den Untersuchungen über den Kobaltglanz gegeben, besonders über den Wirkungskreis der verschiedenen Atome und

über die davon abhängige Konvergenz der Atomenreihen.

1. November 1920. Sitzung der mathematisch-physischen Klasse.

Herr Rinne legte eine unter seiner und Dr. Schiebolds Leitung von Erl. Lotte Kulaszewski ausgeführte Studie über Turmalin vor, das sich durch besonders interessante „heteropolare“ Ausbildung und entsprechend „vektorielles“ physikalisches und chemisches Verhalten auszeichnet, insofern diese Eigenschaften in Richtung und Gegenrichtung der Hauptbaulinie verschieden sind. Eine eingehende röntgenographische Untersuchung ermittelte die Art und die Dimensionen des Elementarkörpers im Feinbau sowie die Natur des „Raumgitters“ im Mineral. Der Untersuchung lag ein schönes Material von Turmalinen zugrunde, die als Drusenbildung in einem Granitgange bei Wolkenburg in Sachsen gefunden worden sind.

13. November 1920. Öffentliche Sitzung.

Die Sitzung wurde dieses Mal in dem bis zum letzten Platz gefüllten größten Hörsaal der Universität abgehalten und von dem vorsitzenden Sekretär, Herrn Le Blanc, durch eine Ansprache eröffnet, in der dieser einleitend auf die schwierigen Verhältnisse der deutschen Wissenschaft hinwies, denen aber durch die vor 14 Tagen vollzogene Gründung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft aller Voraussicht nach mit bestem Gelingen entgegengearbeitet werden dürfte. Diese Vereinigung, der die Akademien, Universitäten, Technische Hochschulen und verschiedene bedeutsame wissenschaftliche Gesellschaften angehören, ist gegründet worden, um vom Reiche und von privater Seite Geld in Empfang zu nehmen und dessen Verteilung in die rechten Bahnen zu leiten, damit es — unabhängig von örtlichen Gesichtspunkten — die ganze Wissenschaft zu fördern imstande ist. Die Aussichten sind günstig und besonders erfreulich zu betonen ist es, daß das Reichsfinanzministerium sich äußerst wohlwollend hierzu ausgesprochen hat. Dasselbe verständnisvolle Entgegenkommen für die Bedürfnisse und Sorgen speziell der Sächsischen Akademie hat auch das sächsische Kultusministerium bereits in hoffnungreiche Aussicht gestellt. In Befolgung altüberlieferten Brauches wurden alsdann die Nachrufe auf die in der letzten Zeit verstorbenen hervorragenden Mitglieder gehalten, durch deren Hinscheiden die Akademie besonders schwere Verluste erlitten hat. Auf Ernst Stahl, Professor der Botanik in Jena, sprach Herr Meisenheimer, auf Martin Krause, Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule in Dresden, Herr Herglots und auf Karl Rohn, Professor der Mathematik an der Universität Leipzig, Herr Hölder. Leider ist es nicht möglich, im Rahmen dieses Referats, der Bedeutung und den Leistungen der drei Verstorbenen auch nur in extenso gerecht zu werden. Nur so viel muß gesagt werden, daß alle drei Bahnbrecher und Wegweiser in ihren Fachgebieten waren, u. a., sich an ihre Namen wissenschaftliche Großtaten unvergleichlicher Art knüpfen. Zum Schluß hielt Herr Rinne einen mit zahlreichen und vorzüglichen Projektionsbildern ausgestatteten Vortrag „Über die Kristalle als Vorbilder des feibaulichen Wesens der Materie“, worin der Vortragende in einer trotz der Wissenschaftlichkeit des Gegenstandes auch dem Fernerstehenden leichtverständlichen Weise insbesondere die hohe Bedeutung der Röntgenstrahlung als Forschungsmittel für die Erkundung des Baues und der Anordnung der Materie klarlegte, indem mit Hilfe der Lichtbilder die Art und Lagerung der bis jetzt unsichtbaren Atome, der Bausteine aller Materie, und der dadurch bedingten äußeren Gestaltung sowie der physikalischen und chemischen Umstände dieser letzteren nachgewiesen wurde. Als Grundzug des feibaulichen Wesens der Materie ergibt sich eine gesetzmäßige Veränderung der Eigenschaften mit der Richtung und das Streben nach Stabilität.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thezing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 24. (Seite 463—486)

17. Juni 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Das Magma und seine Produkte. Von *Paul Niggli*, Zürich. (Mit 2 Kurvenbildern.) S. 463.

Der Bevölkerungsrückgang in Nordfrankreich und seine geographischen Begleiterscheinungen. Von *B. Brandt*, Belzig i. Mark. (Mit 3 Kurvenbildern.) S. 471.

Besprechungen:

Plotnikow, Joh., Allgemeine Photochemie. Von *Fritz Weigert*, Leipzig. S. 477.

Heuser, Emil, Lehrbuch der Zellulosechemie. Von *P. Friedländer*, Darmstadt. S. 479.

Bucherer, Hans Th., Lehrbuch der Farbenchemie. Von *P. Friedländer*, Darmstadt. S. 479.

Physikalische Berichte. Von *Karl Scheel*, Berlin-Dahlem. S. 480.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über das Uhrenparadoxon in der Relativitätstheorie. Von *E. Gehrcke*, Berlin-Lichterfelde. S. 482.

Erwiderung hierzu. Von *H. Thirring*, Wien. S. 482.

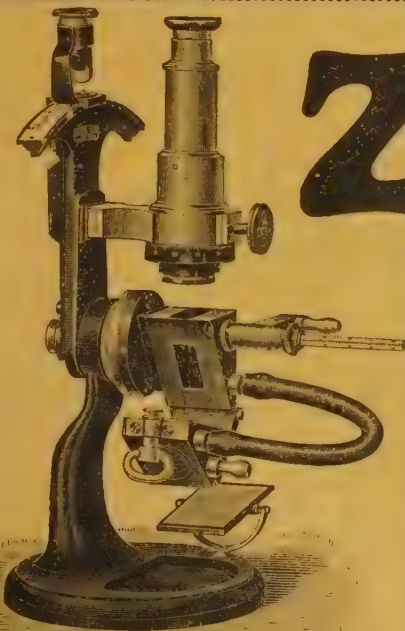
Theoretische Bakteriologie. Von *Ernst G. Pringsheim*, Berlin-Dahlem. S. 483.

Astronomische Mitteilungen. S. 483—484.

Das Problem der ruhenden Kalziumlinien.

Berichte gelehrter Gesellschaften: S. 485.

Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften 1920.



Zeiss
Abbe-Refraktometer

mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe	-Refraktometer
Butter	-Refraktometer
Eintauch	-Refraktometer
Zucker	-Refraktometer
Pulfrich	-Refraktometer
Kristall	-Refraktometer
Differenz	-Refraktometer
Milchfett	-Refraktometer

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang } Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Berlin } Taubentzenstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. geogr. Gegenst.)

Für den Naturfreund und Jäger

Frau Rada's Pelz u. a. Jagdgeschichten u. Abenteuer a. d. nahen Orient v. Dr. Benzoldt, brosch. M. 9.—, geb. M. 12.—, **Grüne Brüche**, Geschichten u. Gestalten aus Berg und Wald vom Mitarbeiterkreis des Deutschen Jägers, broschiert M. 9.—, geb. M. 12.—, **Almrauf**, Jagd- und Bergler-Erzählungen von M. Merk-Buchberg, brosch. M. 9.—, geb. M. 12.—, **Kris Drucksch**, **Mis Jaungah am Herrgottsgarten**, broschiert M. 12.—, gebunden M. 15.—. Auf alle Preise 10% Sortimentszuschlag.

Erscheinen:
H. v. Scanzoni: **Die Aufzeichnungen d. Hyacinth Pfeifferberger**, f. b. **Sofjagdehilfe** f., reich illust. von Prof. Ludwig Söhlwein. In Prachteinband M. 20.— netto. Durch Buchhandlungen oder durch den Verlag **F. C. Mayer, G.m.b.H.** München, Brienerstr. 9.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Technisches Denken und Schaffen

Eine gemeinverständliche Einführung in die Technik

Von

Prof. G. v. Hanffstengel, Dipl.-Ing.

Charlottenburg

Zweite, durchgesehene Auflage

Mit 153 Textabbildungen

Gebunden Preis M. 20.— (und Teuerungszuschlag)

Jeder Waidmann und
Kynologe, der fein



Schießer

ist und dem Ge- und Me-
ausbau vordringlich er-
scheinen, abonniere sofort
bei seinem Postamt auf
die älteste deutsche Jagd-
zeitung (reich illustriert)
„Der Deutsche Jäger“.
München, Brienerstr. 9.
Monat. M. 4.25, viertel-
jährlich M. 12.75. Für
sachliche und allgemeine
Anzeigen besonders wir-
kungsvoll. Mitarbeiter
allerorts gesucht.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

17. Juni 1921.

Heft 24.

Das Magma und seine Produkte.

Von Paul Niggli, Zürich.

In den „Naturwissenschaften“ von 1916 konnte ich über Untersuchungen im Gebiet der physikalisch-chemischen Eruptivgesteinskunde berichten. Seitdem ist über dieses Thema rüstig weitergearbeitet worden; der Aufforderung um

charakterisieren. Magmen, deren Wirkungen und Mineralbildungen wir studieren können, gehören, wie uns analytische Daten zeigen, der Hauptsache nach der Oxydations- und Silikationszone der Erdrinde an. In quantitativ weit überwiegender Menge findet sich darin eine gewisse Anzahl von Elementen in Form von Sauerstoffverbindungen, und unter diesen herrschen wieder

Tabelle 1.

Magmatische Mineralbildungen und Minerallagerstätten.

III. Apomagmatische Bildungen. Meist Sulfide, Arsenide, Antimonide, Sulfosalze, Telluride, Selenide. Mit Sulfaten, Karbonaten, Fluoriden.	vulkanisch	Solfataren und Thermenprodukte Junge Au-Ag-Formation, Hg-Formation Antimonitgänge, Fluorit-Baryt-Gänge Ag-Sn-Erzlagerstätten z. T.
	plutonisch	Hämatit-Sideritgänge Pb-Zn-Formation (mit Ag) Arsenidische Co-Ni-Formation Hydrotherm. Cu-Erzlagerstätten Alte Goldformation z. T.
II. Perimagmatische Bildungen. Meist Silikate, Oxyde, Halogenide, Sulfide und Verbindungen von leicht- mit schwerflüchtigen Substanzen.	vulkanisch	Pneumatogene Umwandlungslagerstätten. Fumarolenbildungen
	plutonisch	Erzgest. Sulfidische: (Mo, Bi, Cu, Zn, As, [Pb]) Oxydische (Fe, Mn, U, Zn) Zinnsteinlagerstätten (Sn, W, As) Kontakt - Pneumatolytische Lagerstätten von Nichterzen.
I. Intramagmatische Bildungen. Meist Silikate und Oxyde, untergeordnet Sulfide.	pneumatolytisch-hydrothermal	vulkanisch { Lithophysen und Mandelbildung (Zeolithe, Si, Cu) Autopneumatolytische Bildungen
		plutonisch { Drusenbildungen und hydrothermale Umwandlungsminerale Pegmatite (H, F, B, Cl, Nb, Ta, Li, Be, Al, Zr, Ti, Selt. Erd., Mn, P, W, Sn, Bi, U, Th, C, Rb, Cs)
	liquidmagmatisch	vulk. Eruptivgest. (Ergußgest., Pyroklast.-Gest.) Ganggesteine Tiefengesteine plut. Eruptivgest. Liquidmagmatische Erz- lagerst. (Cr, Ti, Fe [Ni, Co, Cu, Pt, C])

erneute Berichterstattung komme ich daher gerne nach. Möge der Aufsatz in erster Linie ein Bild geben von der Mannigfaltigkeit der Fragestellung mineralogisch-petrographischer Forschung, die Experiment, Detailbeobachtung und statistische Untersuchung zu einer Synthese verarbeiten muß.

1. Die Einteilung der magmatischen Phänomene.

Bereits im ersten Artikel habe ich versucht, das Magma als physikalisch-chemisches System zu

durchaus die Silikate vor. Aber die Magmen enthalten auch ganz andersgeartete Stoffe, insbesondere an sich leichtflüchtige Komponenten. Diese haben zur Folge, daß Kristallisationsphänomene, Destillationsphänomene und kritische Erscheinungen gleichzeitig in Betracht zu ziehen sind.

Wenn wir nun unter magmatischen Erscheinungen alle diejenigen Erscheinungen verstehen,

die mit dem Empordringen von Magma in Verbindung stehen, so müssen wir versuchen, den Gesamtkomplex in natürlicher Weise zu zergliedern. Gestützt auf physikalisch-chemische Erwägungen und auf die Ergebnisse der Lagerstättenforschung habe ich versucht, eine derartige Klassifikation durchzuführen. Sie ist auszugsweise in Tabelle 1 zur Übersicht zusammengestellt. (Ausführlicher Lit. 13.)

Wenn die Magmen nach außen wandern und in Regionen gelangen, die jetzt oder später einmal in das Beobachtungsgebiet des Menschen fallen, kühlen sie sich ab. Die Kristallisation, die Gestaltung zur Minerallagerstätte, beginnt. Die Hauptprodukte der Erstarrung sind die Eruptivgesteine oder magmatischen Gesteine. Sie erfüllen in der Hauptsache den Raum, den der Magmaherd vorher eingenommen hat. Da quantitativ die schwerflüchtigen Komponenten in jedem selbständigen Magmaherd überwiegen, entstehen *Silikatgesteine*. Der Kristallisationsverlauf ist anfänglich im wesentlichen bedingt durch die Gesetze, die in trockenen Schmelzflüssen (ohne Mitwirkung der leichtflüchtigen Bestandteile) herrschen. Bildungen dieser Art seien *liquidmagmatisch* genannt.

Ist jedoch die Hauptmasse erstarrt, so sind Restlaugen zurückgeblieben mit erhöhter Konzentration an leichtflüchtigen Bestandteilen. Wenn die Mineralbildungen aus ihnen noch den Charakter der erstgenannten besitzen, mit nur stärkerer Beteiligung der ursprünglich quantitativ untergeordneten Bestandteile, oder wenn die entstehenden Bildungen in den Hauptgesteinen selbst statthaben, faßt man sie zweckmäßig mit den liquidmagmatischen zu einer höheren Einheit zusammen. Beiderlei Bildungen sind magmatisch im engeren Sinn, sie gehören dem eigentlichen Magmaherd an.

Es sind, wie ich sage, *intramagmatische* Bildungen. Zum Unterschied von den *liquidmagmatischen* werden diejenigen, welche unter bereits kräftiger Mitwirkung leichtflüchtiger Bestandteile entstehen, *pneumatolytisch* genannt. Die pneumatolytischen Lösungen erhalten bei weiterer Temperaturabkühlung immer mehr den Charakter wässriger Lösungen mittelhoher Temperatur. Bildungen aus ihnen heißen dann *hydrothermal*.

Pneumatolytische und hydrothermale Lösungen sind aber nicht auf den Hauptmagmaherd beschränkt. An die unmittelbare Peripherie eines Eruptivgesteinsstockes gebundene Lagerstätten ähnlicher Entstehung hat schon *Bergeat* als *perimagma-tisch* bezeichnet. Sie sind durch Abwandern der leichtflüchtigen Stoffe bei noch hohen Temperaturen zustande gekommen. Je mehr die Restlösung der Schmelze sich in das Erdinnere zurückzieht, um so mehr werden auch die nach außen gelangenden Lösungen und Dämpfe hydrothermal werden. Der Zusammen-

hang mit der magmatischen Tätigkeit ist dann oft kaum mehr erkenntlich. Da es sich aber um *aufsteigende (aszendente)* heiße Lösungen handelt, können sie dem magmatischen Zyklus zugerechnet werden. Meistens ist auch die Verknüpfung mit magmatischen Vorgängen zweifelsfrei nachzuweisen. Die aus diesen Lösungen gebildeten Lagerstätten heißen nach *Bergeat* *apomagma-tisch*. Das erklärt die Haupteinteilung der Tabelle 1.

Der Charakter der Minerallagerstätten wird infolge geänderter Abkühlungsbedingungen, besonders aber, weil auf das Verhalten der leichtflüchtigen Bestandteile der Druck von großem Einfluß ist, ein verschiedener sein, je nachdem, ob die magmatischen Lösungen unter Gesteinsbedeckung zur Kristallisation gelangten, oder ob sie an der Erdoberfläche bzw. in geringer Erdtiefe Mineralien erzeugten. In Analogie mit dem Bezeichnungsmodus bei Eruptivgesteinen habe ich zur Charakterisierung dieser Verhältnisse die Worte: *plutonisch* und *vulkanisch* gebraucht. Das erstere bedeutet Bildungen relativ fern der damaligen Erdoberfläche, das andere Bildungen in der Nähe der Erdoberfläche.

2. Die intramagmatischen Bildungen.

Das Hauptprodukt (zu mindestens 99 %) der Magmenerstarrung stellen die Eruptivgesteine dar. Die Zusammensetzung der Eruptivgesteine gibt somit über die Zusammensetzung der Magmen Auskunft. Bereits 1916 habe ich auf Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Elemente aufmerksam gemacht. Inzwischen sind die großen Sammlungen von Eruptivgesteinsanalysen von *A. Osann* (Lit. 18) und *H. S. Washington* (Lit. 21) erschienen. Daran konnten die Ergebnisse jener Untersuchungen bestätigt werden. Es haben sich aber auch neue Beziehungen enthüllt. Auf Grund seiner Tabellen berechnete *Washington* (mit *Clarke*) (Lit. 22) folgende mittlere Zusammensetzung der zur Beobachtung gelangenden Eruptivgesteine (Gewichtsprozent):

SiO ₂ = 59,09	CO ₂ = 0,102
Al ₂ O ₃ = 15,35	ZrO ₂ = 0,039
Fe ₂ O ₃ = 3,08	S = 0,053
FeO = 3,80	Cl = 0,056
MgO = 3,49	F = 0,078
CaO = 5,08	Cr ₂ O ₃ = 0,056
Na ₂ O = 3,84	V ₂ O ₅ = 0,032
K ₂ O = 3,13	NiO = 0,025
H ₂ O = 1,14	BaO = 0,055
TiO ₂ = 1,05	SrO = 0,022
P ₂ O ₅ = 0,30	Li ₂ O = 0,007
MnO = 0,125	

Daraus ergibt sich nachstehende Verteilung der Elemente in Gewichtsprozenten (berechnet für 16-km-Außenschicht der Erde):

O = 46,43	Li = 0,003
Si = 27,77	Cu = 0,002
Al = 8,14	Selt. Erd. = 0,001
Fe = 5,12	Be = 0,00**
Ca = 3,63	Co = 0,00**
Na = 2,85	B = 0,000*
K = 2,60	Zn = 0,000*
Mg = 2,09	Pb = 0,000**
Ti = 0,629	As = 0,000**
P = 0,130	Cd = 0,0000**
H = 0,127	Sn = 0,0000**
Mn = 0,096	Hg = 0,0000**
F = 0,077	Sb = 0,0000**
Cl = 0,055	Mo = 0,0000**
S = 0,052	Ag = 0,00000**
Ba = 0,048	W = 0,00000**
Cr = 0,037	Bi = 0,00000**
Zr = 0,028	Se = 0,000000**
C = 0,027	Au = 0,000000**
V = 0,021	Br = 0,000000**
Ni = 0,019	Te = 0,000000**
Sr = 0,018	Pt = 0,000000**

außerordentlich scharf, da P (9) erst an elfter Stelle steht und Ne (10) bereits wieder einem Minimum entspricht. Das Maximum Si (14) ist ziemlich regelmäßig ausgebildet, nach rechts stärker abfallend als nach links. Die Ausnahmestellung von Mg. (12) würde wohl bereits verschwinden, wenn eine nur wenig größere Schichtdicke der Erdkruste der Beobachtung zugänglich wäre. Im Maximum von 20 nimmt Ti gegenüber Se und V einen bevorzugten Platz ein. Das eigentümliche Hervortreten dieses Elementes, des nächsten Verwandten von Si, würde vielleicht am besten als kleines selbständiges Maximum gedeutet.

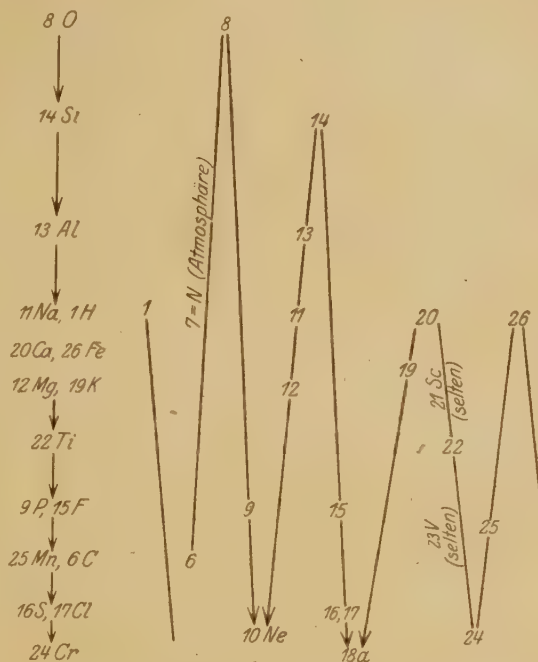


Fig. 1. Verteilung der petrogenen Elemente in der Erdkruste.

Man sieht somit, wie im großen und ganzen die quantitative Verteilung der ersten 26 Elemente in den Eruptivgesteinen durch eine besondere Funktion dargestellt wird, bei der die Differenz von 6 in den Ordnungszahlen bedeutsam ist. Es mag darauf aufmerksam gemacht werden, daß der Verfasser auch aus anderen Gründen glaubte annehmen zu müssen, die Elektronenzahl 6 sei von einiger Bedeutung für den Atombau. Wenn auch zwischen beiden Erscheinungen kein direkter Zusammenhang besteht, so ist doch vom evolutionistischen Standpunkte aus eine indirekte Beziehung nicht ganz unwahrscheinlich.

Sehr bedeutsam für die Frage nach den Gesetzmäßigkeiten chemischer und mineralogischer Art scheinen mir Überlegungen von Washington (Lit. 22) zu sein. Washington unterscheidet, ähnlich wie de Launay (Lit. 3), zwischen petrogenen und metallogenen Elementen. Die ersteren sind die typischen Gesteinselemente, die in primärer

Ein „*“ bedeutet einen Zahlenwert in der betreffenden Stelle nach dem Komma, soweit für diese selteneren Elemente überhaupt eine Schätzung möglich ist. Über die Bedeutung derartiger Mittelwertbildungen ist bereits im ersten Aufsatz gesprochen worden. Die mittlere gewichtsprozentige Zusammensetzung der äußersten 16-km-Hülle der Erdhülle mag durch sie ganz ordentlich dargestellt werden, zum mindesten ist bis heute keine bessere Methode der Berechnung bekannt. Nicht minder wichtig ist die Kenntnis der atomprozentischen Verhältnisse. Sie ist für die 17 häufigsten in Eruptivgesteinen vorkommenden Elemente schematisch in Fig. 1 dargestellt. Links folgen von oben nach unten, nach abnehmender Bedeutung geordnet, die Elemente mit ihren Ordnungszahlen. Pfeile deuten große Sprünge an. (So sind ca. 60 % O, 20 % Al, zwischen 2,5 und 1,5 % Na, H, Ca, Fe, Mg, K und 0,3 % Ti errechnet worden.) Zunächst fällt auf, daß alle wichtigeren Elemente der Eruptivgesteine Atomnummern von 1 bis 26 tragen. Studiert man die Abhängigkeit des Auftretens der Elemente von der Ordnungszahl, so sieht man, daß eine leicht gestörte periodische Funktion vorliegt. Sie ist durch die Zickzacklinie rechts dargestellt. An Stelle der Elemente stehen die Ordnungszahlen. 5 deutliche Maxima sind vorhanden; die letzten vier mit der konstanten Differenz 6 in der Ordnungszahl. Das erste Maximum ist durch H=1 gegeben. 2 (He) würde einem Minimum entsprechen. Etwas reichlicher vertreten sind: Li (3), Be (4), B (5). Sie gehören jedoch bereits nicht mehr zu den 17 häufigsten Elementen. Dazu ist erst C (6) zu rechnen. N (7) nimmt eine Ausnahmestellung ein, die unter Berücksichtigung der Atmosphäre wenigstens teilweise verschwinden würde. Das Hauptmaximum wird durch O=8 gegeben. Es ist

Form vorwiegend als Silikate und Oxyde auftreten; die Metallatome der zweiten sind in Normaleruptivgesteinen sehr spärlich, sie sind die typischen Elemente der apomagmatischen Erzlagerstätten. Sie kommen in der Natur primär in gediegenem Zustand oder in Form von Verbindungen mit S, Se, Te, As, Sb, Bi vor. Die französischen Forscher sehen sie als dem Magma ursprünglich fremde Substanzen an, entstammend einer tieferen, metallischen Zone. Doch ist es (nach der Vermischung) die magmatische Tätigkeit, die sie nach außen fördert. Betrachtet man die Zusammenstellung von *Washington*, so erkennt man, daß im großen und ganzen die Elemente der Hauptreihen petrogen, die der Nebendreihen metallogen sind. Es sei mir daher gestattet, seine Tabelle in einer etwas anderen Form anzuführen, die das Prinzipielle besser hervortreten läßt (Fig. 2).

Die unter der kräftigen Zickzacklinie befindlichen Elemente sind alle typisch metallogen. Sie

übrigen spielen quantitativ eine untergeordnete Rolle. Dementsprechend finden sie sich besonders auf pneumatolytischen Lagerstätten, die ja aus den Rückstandslösungen entstehen. Zwei Ausnahmen sind zu verzeichnen. Das wichtigste primäre Mineral von Sn ist SnO_2 , das wichtigste primäre Mineral von Mo ist MoS_2 . Die dem Schema widersprechende Mittelstellung beider Elemente findet mineralogisch ihren Ausdruck in dem Umstand, daß beide typisch für perimagmatische Bildungen sind und nur untergeordnet in intramagmatischen oder apomagmatischen Lagerstätten auftreten. O und S, die benachbarten Elemente der 6. Periode, bestimmen mit ihrem gegensätzlichen Charakter die beiden Gruppen von Elementen.

Die Beziehungen sind im allgemeinen so klar und deutlich, daß sie die Grundlage für eine Beschreibung der magmatischen Lagerstätten abgeben können. Fragt man nach den Ursachen dieser Gesetzmäßigkeiten, so ist vielleicht auf fol-

VIII		I	II	III	IV	V	VI	VII	He
H		Li Na K	Be Mg Ca	B Al Sc	C Si Ti	N P V	<div>O</div> <div>S</div> Cr	F Cl Mn	Ne A
<div>Fe</div>	Co Ni	Cu	Zn	Ga	<div>Ge</div>	As	Se	Br	Kr
Ru Rh Pd	Rb	Ag	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	?	X
Os Ir Pt	Cs	Au	Ba	La	Selt. Erd.	Ta	W	J	Em
	?	Ra	Hg	Tl	Th	Pb	Bi	Po	
			Ac			Pa	U		

Fig. 2. Übersicht über das natürliche Auftreten der Elemente in Beziehung zum periodischen System.

Über der auf- und absteigenden kräftigen Linie sind die petrogenen Elemente (die fettgedruckten entsprechen den wichtigsten Eruptivgesteinsbestandteilen), unter dieser Linie finden sich die metallogenen Elemente.

finden sich in der Natur kaum primär als Oxyde oder Silikate. Sie bilden unter sich selber Verbindungen: Sulfide, Telluride, Selenide, Arsenide, Antimonide, Bismutide, Sulfosalze; oder sie treten gediegen auf. Fraglich ist höchstens die Stellung von Br und J, doch sind beide Elemente in magmatisch gebildeten Silikaten kaum nachgewiesen. In diesem Zusammenhang muß besonders noch auf die Arbeiten von *Vernandsky* (Lit. 19) aufmerksam gemacht werden, der auf spektroskopischem Wege gezeigt hat, daß Rb, Cs, Sr, Ba vorwiegend Silikaten beigemischt sind, Ga, Jn, Tl aber vorwiegend Sulfiden. Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt gehören zweifellos der metallogenen Gruppe an. Fe, als erstes Glied dieser Triaden, nimmt eine Mittelstellung ein; als dritt wichtigstes Gesteinselement wird es zweckmäßig diesen zugerechnet.

Die über der Zickzacklinie befindlichen Elemente sind mit Ausnahme von Schwefel ausgesprochen petrogen. Die fettgedruckten sind die wichtigsten Eruptivgesteinsbestandteile, die

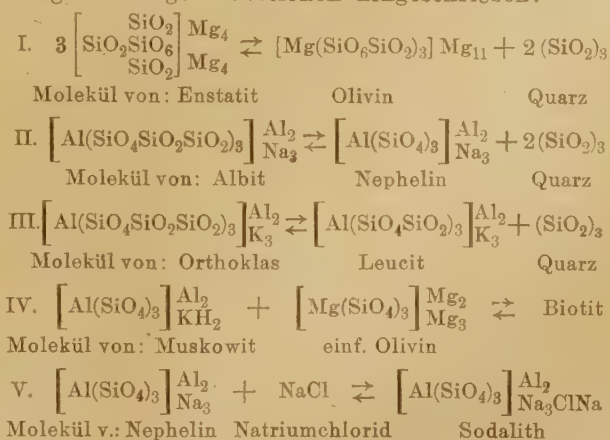
gende Parallele die Aufmerksamkeit zu lenken. Aus Untersuchungen von *Bragg* (2) und dem Verfasser (14) geht hervor, daß die Wirkungssphären der Elemente der Nebendreihen und der Fe-, Ru-, Os-Tiraden in Kristallen viel kleiner sind als die der Elemente der Hauptreihen ähnlicher Ordnungszahl. Es scheint, als ob in diesen Atomen die Elektronen viel dichter gepackt wären; ich möchte sie Elemente vom kondensierten Typ nennen. Es wäre dann anzunehmen, daß sie in der Tat einer inneren Zone der Erdrinde arteigen sind, denn heute darf man wohl kaum mehr daran zweifeln, daß die Mannigfaltigkeit der Grundstoffe etwas Gewordenes ist. Das Magma, das bis in die Grenzregion hinunterreicht, schafft einen Teil dieser Stoffe nach oben, ohne im wesentlichen ihren Eigencharakter zu ändern.

Soviel über den Gesamtchemismus der Magmen. Daß die chemische Zusammensetzung im einzelnen variabel ist und im Verlauf der Magmenaufwärtsbewegung, Abkühlung und Kristallisation sich gesetzmäßig ändert, ist bereits früher

auseinandergesetzt worden. Durch diese Vorgänge, die wir als *magmatische Differentiation* bezeichnen, wird der Charakter der resultierenden Eruptivgesteine und der Gesteinsassoziationen oder petrographischen Provinzen bedingt. Durch ausgedehnte, in ihren Einzelheiten noch nicht publizierte, vergleichende Untersuchungen der petrographischen Provinzen hat sich der Verfasser überzeugt, daß eine einigermaßen natürliche Klassifikation der Gesteinsassoziationen magmatischen Ursprungs möglich ist (15). Zu im Grunde nicht sehr verschiedenen Resultaten ist *Hommel* im Verlauf einer ähnlichen Untersuchung gekommen. Die Ursache der magmatischen Differentiation ist das äußere Inhomogenitätsfeld. Temperatur, Druck und Schwerkraft besitzen in den einzelnen Teilen eines großen Magmaherdes verschiedene Werte. Die spezielle Art ihrer Wirkungsweise hängt von dem geologischen Bedingungskomplex ab. Einmal wirken diese Faktoren auf die inneren Gleichgewichte, die molekulare Verteilung der Stoffe in der Lösung. Nach wie vor bleibt daher die Untersuchung dieser Verhältnisse das wichtigste Problem der Magmologie. Aber auch die, von *Bowen* (1) mit großem Geschick vertretene „Kristallisationsdifferentiation“ scheint für die Ausgestaltung der Verhältnisse von grundlegender Bedeutung zu sein. Nach dieser Theorie ist das Gravitationsgefälle dann von besonderer Wirksamkeit, wenn das Magma in das Kristallisationsstadium tritt. Bei langsamer Abscheidung findet ein Absinken der schwereren Kristalle statt, es ändert sich demgemäß ständig die Zusammensetzung der noch flüssigen Oberschicht. Fügt man hinzu, daß die sinkenden Kriställchen (wegen des nach außen gerichteten Temperaturgefälles) im allgemeinen in wärmere Regionen gelangen und daher zum Teil wenigstens wieder resorbiert werden, so darf man zugeben, daß manches für einen derartigen Mechanismus im Differentiationsverlauf spricht. Auch nach der Wiederauflösung kann ja ein Ausgleich, der die ursprünglichen Verhältnisse wiederherstellen will, nicht statthaben. Die nach oben rückwandernden Stoffe würden sofort wieder ausgeschieden, somit neuerdings sinken. Anders geartete Ausgleichswanderungen müssen auftreten und so tatsächlich eine Differentiation zur Folge haben, die mit den beobachtbaren Erscheinungen sehr wohl in Einklang zu bringen ist. Aber auch dann, wenn solche Saigerungsprozesse mit ins Spiel treten, ist die Kenntnis des Kristallisationsverlaufes nur die eine notwendige Bedingung. Erst nach Beherrschung der homogenen Gleichgewichte im Magma vermögen wir das Problem als Ganzes zu beherrschen.

Voraussetzung dafür ist eine Vorstellung über die molekulare Konstitution der magmatischen Lösungen. Über Experimente in dieser Richtung ist bereits früher berichtet worden. In der Zwischenzeit sind eine Reihe von Arbeiten *J. Jakobs* erschienen, welche die Aufgabe von

einer anderen Seite in Angriff nehmen (9). *Jakob* hat versucht, die Koordinationslehre auf die Silikatchemie zu übertragen. Sein Versuch scheint mir aller Beachtung wert. Mag auch das Studium der Kristallstrukturen, das ja ebenfalls Auskunft über den molekularen, vorkristallinen Zustand gibt, im einzelnen seine Formulierungen modifizieren, im großen erhalten wir auf Grund seiner Überlegungen wohl ein zutreffendes Bild von den molekularen Vorgängen im Magma. *Jakob* geht von folgenden einfachen Radikalen der Kieselsäure aus: $(\text{SiO}_6)'''''''$, $(\text{SiO}_5)'''''''$, $(\text{SiO}_4)'''''''$. Er zeigt, daß die komplexeren Kieselsäuren, die wir in großer Zahl kennen, aus ihnen durch SiO_2 -Anlagerung abzuleiten sind. Daß derartige SiO_2 -Additionen tatsächlich den Charakter der Gleichgewichte bestimmen, ist von mir schon im letzten Aufsatz gezeigt worden. Durch Polymerisation können jedoch aus solchen relativ einfach gebauten Molekeln eigentliche Koordinationsverbindungen „Silikatosalze“ entstehen. Als Zentralatome fungieren die verschiedensten zwei-, drei- und vierwertigen Elemente, am häufigsten: Al, Fe''' , Fe'' , Mg. Eine weitere Mannigfaltigkeit ist durch den Grad der Polymerisation gegeben. Ein Beispiel diene zur Veranschaulichung: $(\text{SiO}_4)\text{Mg}_2$ kann dimer geschrieben werden als: $(\text{SiO}_2\text{SiO}_6)\text{Mg}_4$ und ist so zugleich eine SiO_2 -Anlagerungsverbindung von $(\text{SiO}_6)\text{Mg}_4$. Trimer resultiert ein Silikatosalz, nämlich: $[\text{Mg}(\text{SiO}_4)_3]\text{Mg}_5$. In hexamerer Schreibweise hat man für die stöchiometrisch gleiche Verbindung: $[\text{Mg}(\text{SiO}_2\text{SiO}_6)_3]\text{Mg}_{11}$. Neben der elektrolytischen Dissoziation wären es somit im wesentlichen Polymerisationen und SiO_2 -Anlagerungen, die unter bestimmten äußeren Bedingungen den Gleichgewichtszustand im Magma charakterisieren. Man versteht, daß diese Vorgänge in erheblichem Maße von Temperatur, Druck und Gehalt an Mineralisatoren abhängig sind. Dementsprechend werden die Kristallisationsprodukte variieren. In der Jakobschen Schreibweise seien einige wichtige Reaktionen hingeschrieben:



Der Zerfall der linksstehenden (I—III) bzw. rechtsstehenden (IV, V) Moleküle in die der anderen Seiten der Umsetzungsgleichungen wird eine Funktion der chemischen Zusammensetzung

und der äußeren Bedingungen sein. Es können beispielsweise während des ganzen Differentiationsvorganges die Gleichungen II und III nur zu einem geringen Prozentsatz rechts hin verlaufen. Dann wird es kaum zur Auskristallisation von Nephelin und Leucit kommen. In der Tat zeichnen sich weitverbreitete Eruptivgesteinsprovinzen durch das Fehlen dieser Mineralien aus. Mit sinkender Gesamtkieselsäure tritt lediglich Olivin an Stelle von Augit (Enstatit). Es sind das die Provinzen der *Kalk-Alkali-Reihe* oder der *granitisch-dioritischen Reihe*. Granit ist in diesen Assoziationen das verbreitetste Tiefengestein, Basalt das verbreitetste Ergußgestein. Der Granit ist ein Endprodukt der Differentiation, ursprünglich hatte das Magma basaltisch-gabbroide Zusammensetzung. Diesen wohlcharakterisierten magmatischen Gesteinsassoziationen stellt man am besten zwei andere gegenüber, je nachdem, ob von den Gleichgewichten besonders II oder III nach rechts hin verschoben ist. Es bilden sich dann die Gesteine der *Natronreihe* oder *foyaitisch-thermalitischen Reihe* (II), beziehungsweise der *Kalireihe* oder *monzonitisch-shonkinitischen Reihe* (III). Vieles ließe sich heute schon über Gesetzmäßigkeiten innerhalb dieser Reihen sagen, doch ist hier nicht der Ort, auf Einzelheiten einzugehen. Vor allem hat man nun zu untersuchen, welche geologischen Bedingungskomplexe den einen oder anderen Differentiationsverlauf bestimmen.

Für derartige Aufgaben benötigt man einfache graphische Darstellungen, die gestatten, den Chemismus einer ganzen Anzahl Gesteine miteinander zu vergleichen. Die allgemeinste Lösung dieses Problems haben *Boeke* und *Eitel* (4) gegeben. Sie haben die mehrdimensionale Geometrie zu Hilfe gezogen. *Hommel* (8) hat versucht, Formeln für die einzelnen Gesteine einzuführen. Der Verfasser glaubt, daß eine von ihm ausgearbeitete Methode die besten Übersichtsresultate vermittelt; nur für besondere Zwecke wird man zur Darstellung im mehrdimensionalen Raum schreiten müssen.

Neben den mehr theoretischen Arbeiten in dieser Richtung dürfen bei einer Besprechung die auf die Kristallisation der Magmen bezüglichen Experimentaluntersuchungen nicht zu kurz kommen. Wiederum ist es das *geophysikalische Institut* in *Washington*, das die wertvollsten Beiträge geliefert hat. Systematisch sucht es zunächst die Kristallisationsverhältnisse im quaternären System: $\text{SiO}_2\text{—MgO—CaO—Al}_2\text{O}_3$ klarzustellen. Bereits sind drei ternäre Randsysteme vollständig untersucht. Auch im eigentlich quaternären Gebiet sind Teilaufgaben gelöst worden. Über die Methode ist früher einiges mitgeteilt worden. Die neuen Untersuchungen sind besonders hinsichtlich der Mischkristallbildung aufschlußreich. Bekanntlich sind die Mineralien in der Natur selten einfach stöchiometrisch gebaut. Ihre Zusammensetzung ist innerhalb gewisser Grenzen variabel, sei es, daß einzelne Atome sich

gegenseitig ersetzen, sei es, daß ganze Atomgruppen bis zu einem gewissen Maximalbetrag in ein bestimmtes Kristallgebäude sich einlagern können. In Mischkristallreihen der ersten Art sind die physikalischen Eigenschaften (z. B. die optischen) eine Funktion des Chemismus. Kennt man diese Funktion, so kann man, ohne eine Analyse auszuführen, an Hand der optischen Diagnose, die Zusammensetzung eines gesteinsbildenden Mineralkornes feststellen. Häufig ist es jedoch kaum möglich, für die grundlegenden Untersuchungen genügend reines, mit Erfolg analysierbares Material von Naturvorkommnissen zu finden. Auch überdecken sich manchmal mehrere Tendenzen der Mischkristallbildung, so daß es schwer hält, die einzelnen Serien gesondert zu studieren. Da tritt nun die Mineralsynthese in die Lücke. Sie ermöglicht eine Einschränkung der Variationsbreite, die Effekte können gesondert zur Geltung gelangen. Und so ist es denn auch auf diesem Wege *Ferguson* und *Buddington* (6) gelungen, ein altes Problem der Mischkristallbildung zu lösen. Das Mineral *Melilith* hat bis jetzt einer Deutung große Schwierigkeiten bereitet. Die beiden genannten Forscher haben gezeigt, daß zwei wohldefinierte Silikate: *Akermannit* und *Gehlenit*, eine kontinuierliche Mischkristallreihe bilden, deren Mittelglieder die Eigenschaften der *Melilith* aufweisen. Hand in Hand mit diesen Untersuchungen müssen statistische Feststellungen über die Variationsbreite der natürlich vorkommenden Mineralarten gehen; auch ist analytisch-chemisch nachzuprüfen, in welchem Zusammenhang der Mineralchemismus zum Gesteinschemismus steht. *Zambonini*, *Boeke*, *Eitel*, *Schaller*, *Washington* und andere arbeiteten neuerdings in dieser Richtung.

Über die Bildung der liquidmagmatischen Erzlagerstätten hat *Vogt* (20) ausgezeichnete Beobachtungen veröffentlicht. Besonders die Entmischung der sulfidischen Anteile von den silikatischen war Gegenstand neuer Untersuchungen.

Der Einfluß der leichtflüchtigen Bestandteile des Magmas auf die intramagmatischen Mineralbildungen ist von mir in einem Buche über diesen Gegenstand eingehend diskutiert worden (12). Aus den an diesen Stoffen angereicherten Restlösungen kristallisieren in erster Linie die Pegmatite aus. Die Fülle der seltenen Mineralien, die sie enthalten, ist durch den Charakter der Lösungen als Rückstandslösungen gegeben. Im Magma nur in geringer Menge vorkommende Substanzen haben sich darin anreichern können. Deshalb gewinnen wir die seltenen Erden aus Pegmatitmineralien.

Lokale Anreicherung leichtflüchtiger Stoffe im Tiefenmagma hat Drusenbildung zur Folge. *Koenigsberger*, *Müller* (11), *Nacken* und der Referent haben die Ergebnisse der „hydrothermalen Mineralsynthese, von der schon das letzte Mal die Rede war, zur Deutung dieser Bildungen benutzt. Es lassen sich schon ziemlich genau die Temperaturintervalle der einzelnen Mineralaus-

scheidungen angeben. Eine der wichtigsten Erkenntnisse ist folgende: Der Mineralbestand ist von 1000° bis etwa 450° wenig variabel. Erst unterhalb dieser Temperaturen beginnt die große Mannigfaltigkeit. So kann man bis 450° zu meist noch leicht die Paragenese der Erüptivgesteine darstellen. Zeolithe und wasserhaltige Mineralien gehören zum weitaus größten Teil den niedrigeren Temperaturen an.

Fließt das Magma an der Erdoberfläche aus, so läßt es den größten Teil der leichtflüchtigen Stoffe absieden. Geschieht dies gleichzeitig mit der Erstarrung, so entstehen die bekannten blasenreichen Laven. Zurückbleibende Reste bilden bei weiterer Abkühlung wässrige Lösungen, deren Mineralabsätze die Blasen oder Mandeln wieder ausfüllen können (Mandelsteine). Im oberflächlich gelegenen Magmaherd selbst erzeugen die in Verdampfung befindlichen Stoffe Veränderungen, es ist das die sog. autopneumolytische Wirkung (Lacroix). Überhaupt ist der gesamte Vulkanismus im engeren Sinne, mit allen seinen Nebenphänomenen durch den Gasgehalt der Magmen bedingt (12,16).

Die Eruptionen mögen sehr häufig mit der während der Kristallisation sich erhöhenden Dampfspannung im Zusammenhange stehen. Beobachtungen von Washington an den Vulkanen von Pantelleria und Sardinien lassen sich in diesem Sinne deuten.

3. Die perimagmatischen und apomagmatischen Bildungen.

Auch alle perimagmatischen und apomagmatischen Mineralbildungen verdanken ihre Entstehung dem Gehalt des Magmas an leichtflüchtigen Stoffen. Es handelt sich ja um Bildungen außerhalb des eigentlichen Magmaherdes, die nur durch Abwandern von Stoffen ermöglicht wurden. Die zugehörigen Phänomene sind ursprünglich meistens Phänomene der Destillation und Verdampfung gewesen. In nächster Nähe des noch flüssigen oder gerade in Kristallisation befindlichen Magmaherdes (perimagmatisch) haben sich dabei im allgemeinen die schon bei höherer Temperatur auskristallisierenden Substanzen angesiedelt. Aus den weiter weggewanderten Stoffen entstanden die apomagmatischen Lagerstätten. Sehr häufig spielt bei der Ausscheidung die sogenannte *Metasomatose* eine Rolle. Teile der umgebenden Gesteine besitzen nämlich die Fähigkeit, gewisse Bestandteile, oft unter Abgabe anderer, zu binden. Dieses Bindungsvermögen ist ein selektives. Karbonatgesteine sind ein besonders bevorzugtes Medium für solche Umsetzungen. Jedoch bereits Lemberg hat dargetan, daß bei gewöhnlicher und erhöhter Temperatur auch in Silikaten Basenaustausch stattfinden kann. Anderseits vermögen an Tonerde reiche Gesteine Alkalien überhaupt festzuhalten. Der Tonerdeüberschuß verschwindet dann, es kristallisieren Alkalisilikate aus. Analysenserien, die u. a. Jakob (10) und der Verfasser veröffentlicht haben, zeigen dies deutlich. An skandinavischen Vorkommnis-

sen haben Eskola (5) und Goldschmidt (7) diesbezügliche Prozesse studiert, und Schneiderhöhn (17) hat die Lembergschen Versuche neu zusammengestellt. Solche Prozesse werden allerdings zweckmäßiger nicht mehr metasomatisch genannt, wie das die skandinavischen Forscher tun.

Unter allen diesen Bildungen besitzen die Erzlagerstätten das größte Interesse. Nur der magmatischen Tätigkeit haben wir es zu verdanken, daß eine Reihe technisch wichtiger Metalle in abbauwürdiger Menge in der äußeren Erdkruste angetroffen wird. Den amerikanischen Lagerstättengeologen ist es gelungen, in gar manchen Fällen den Zusammenhang der primären Erzbringung mit den magmatischen Prozessen klarzustellen. Sie haben wesentlich zur allgemeinen Anerkennung der Gedanken von Beau-mont, de Launay und Vogt beigetragen. In der

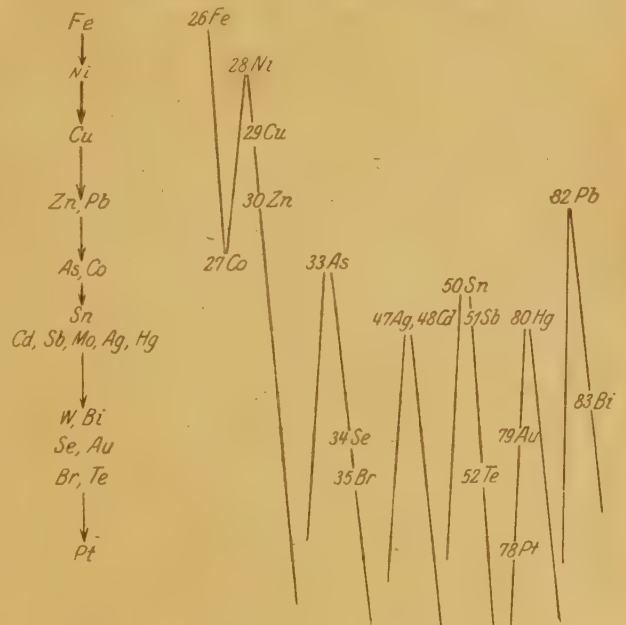


Fig. 3. Verteilung der metallogenen Elemente.

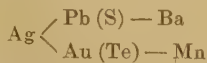
am Anfang dieses Aufsatzes befindlichen Tabelle habe ich versucht, schematisch die Stellung einiger Erzformationstypen im magmatischen Zyklus zu skizzieren. Jetzt sei mir noch gestattet, über die Verbreitung und Elementenassoziation einen gedrängten Überblick zu geben.

Die Erörterungen eingangs haben gezeigt, daß die metallogenen Elemente in der Hauptsache den Nebenreihen des periodischen Systemes angehören. Versuchen wir, ob auch hier eine Beziehung zwischen Ordnungszahl und Häufigkeit vorhanden ist. Leider sind in diesem Falle die Daten über die relative Verbreitung viel unsicherer. Eine Schätzung, nämlich die von Washington und Clarke, haben wir bereits kennen gelernt. De Launay, Vogt und andere haben ihrerseits versucht, sich ein Bild von der quantitativen Verteilung zu machen. Gestützt auf alle diese Angaben möchte ich glauben, daß folgende Fig. 3 ungefähr den Verhältnissen entspricht: Wieder sind links nach absteigender Menge die

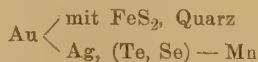
Elemente geordnet unter Zusammenfassung ganzer Gruppen, sofern mir die Einzelreihenfolge unsicher schien. Die Abhängigkeit des Auftretens von der Ordnungszahl ist, gleich wie früher, durch die Zickzacklinie rechts dargestellt. Eine gut ausgesprochene Periodizität ist nicht kenntlich. Im Grunde genommen ist sie auch nicht zu erwarten, denn die uns zugängliche Zone der Erdkruste ist ja nicht die eigentliche Heimat dieser Stoffe. Das Mengenverhältnis, in dem sie nach außen gelangen, hängt aber offenbar von verschiedenen, unbekannten Faktoren ab. Immerhin fällt auf, daß die Maxima fast ausschließlich auf gerade Ordnungszahlen fallen. Auch wiederholen sich gerne diese relativen Höchstwerte paarweise (26 und 28, 48 und 50, 80 und 82). Sehen wir von den Elementen der achten Gruppe ab, so finden wir folgendes: In der ersten Horizontalkolonne der Nebenreihen dominiert ein einwertiges Element (Cu). Zn, dann As kommen an zweiter Stelle. In der nächsten Horizontalkolonne ist es schwer, zwischen den Mengenverhältnissen von Sn, Cd, Ag zu unterscheiden. Sicherlich dominiert in der letzten dieser Kolonnen das an vierter Stelle stehende Pb.

Einen Übergang zu den petrogenen Elementen weisen am ausgesprochensten auf: Fe, Sn und untergeordnet Ni, Co. Vorwiegend in Verbindung mit Schwefel, Arsen (und etwa Wismut) treten Co, Ni, Fe, Pb, Cu, Zn, Ga, In, Cd, Hg, Ag auf. Die ersten drei bilden in der Hauptsache Sulfide oder Arsenide, Zn, Cd, Ga, In, Hg fast ausschließlich Sulfide, dieweil Cu_2S , Ag_2S , PbS gerne mit Fe_2S_3 , As_2S_3 oder Bi_2S_3 Sulfosalze formen. Gold und auch Silber sind primär als Telluride und Selenide nicht selten. Nur gediegen, und da in Vergesellschaftung mit Pd, Os, Ir, Rh, Ru, Ni und basischen Magmen, ist Pt zu finden. Von besonderen Zusammengehörigkeiten seien erwähnt: Ag einerseits mit Pb, als dessen fast ständiger Begleiter, wobei Sulfide und Sulfosalze die Hauptrolle spielen, und unter den Gangarten Baryt charakteristisch ist; andererseits mit Au, Se, Te, wobei Mangankarbonat eher zur Geltung kommt.

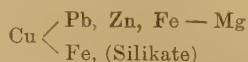
Schematisch mag dies folgendermaßen geschrieben werden:



In gleicher Weise hätte man dann nachstehende Beziehung:



Für Kupfer würde sie lauten:



Cr und Fe, Fe und Ni, Ni und Co sind weitere oft zusammengehörige Elementenpaare. Mit den letzteren geht oft auch Wismuth, das im übrigen mit Sn, U, W zu einer typisch perimagnetischen

Gruppe gehört. Natürlich sind das nur einige der erkennbaren Beziehungen, indem ich auch an dieser Stelle auf sie aufmerksam mache, will ich zum Ausdruck bringen, daß es sich um allgemein interessierende Fragen handelt. Chemie und Physik müssen ja letzten Endes über das Warum Auskunft geben, der Mineraloge aber hat das Tatsachenmaterial zu sammeln und zu sichten.

Überall stoßen wir beim mineralogisch-petrographischen Studium auf derartige Fragen allgemeinen Charakters. Die Lehre von den magmatischen Erscheinungen ist ein Musterbeispiel dafür, daß das, was in den Einzelwissenschaften getrennt erforscht wird, schließlich wieder in Beziehung zueinander tritt. Ist es doch das eigentliche Ziel der Mineralogie, die Laboratoriumswissenschaften für die Erklärung des komplizierten Seins und Werdens in der Natur heranzuziehen. Da findet sich von selbst zusammen, was aus praktischen Gründen getrenntes, eingehendes Studium erforderte.

Einige Literaturangaben.

1. N. L. Bowen, The later stages of igneous rocks, Journ. of Geol. Suppl. vol. 23 (1915); Crystallization-Differentiation in igneous magmas, ebenda vol. 27 (1919).
2. W. L. Bragg, 'The Arrangement of Atoms in Crystals', Philosophical Magazine (1920).
3. L. de Launay, Traité de Metallogenie, Gites Mineraux et Metalliferes Tome premier, Paris (1913).
4. W. Eitel, Untersuchungen über magmatische Vielstoffsysteme, Neues Jahrbuch für Mineralogie B.-Bd. 44 (1920).
5. P. Eskola, Om metasomatiska omvandlingar i Silikatbergarter, Foredrag (1919).
6. J. B. Ferguson, A. F. Buddington, The binary system Äkermanite-Gehlenite, Am Jour. of Sc. (1920).
7. V. M. Goldschmidt, Die Injektionsmetamorphose im Stavangergebiet, Vidensk. Skrift, Mat.-naturv. Kl. (1920), Nr. 10.
8. W. Hommel, Systematische Petrographie auf genetischer Grundlage Bd. 1: Das System, Berlin (1919).
9. J. Jakob, Zur Konstitution der Silikate, Helv. Chimica Acta vol. III (1920).
10. J. Jakob, Dissertation, Zürich 1919.
11. J. Koenigsberger, W. J. Müller, Beschreibung einiger synthetischer Silikatmineralien und synthetischer Versuche, nebst Folgerungen für die natürlichen Vorkommen, N. Jahrb. f. Min., Beil. Bd. 44 (1920).
12. P. Niggli, Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma, Teubner, Leipzig (1920).
13. P. Niggli, Lehrbuch der Mineralogie, Borntraeger, Berlin (1920).
14. P. Niggli, Kristallstruktur und Atombau, Zeitschrift f. Krist. (1921).
15. P. Niggli, Systematik der Eruptivgesteine, Centrbl. f. Mineralogie (1920).
16. P. Niggli, Magmatische Destillationsvorgänge, Vulk. Ztschr. (1917).
17. H. Schneiderhöhn, Über die Umbildung von Ton-erdesilikaten unter dem Einfluß von Salzlösungen bei Temperaturen bis 200°, Neues Jahrbuch f. Mineralogie Beil. Bd. 40 (1915).
18. A. Osann, Beiträge zur chemischen Petrographie III. Teil, Berlin (1916).
19. W. Vernadsky, Über die Verbreitung der chemischen Elemente in der Erdkruste, Bull. de l'Acad. de St. Pétersbourg von 1909 an.

20. J. H. L. Vogt, Die Sulfid-Silikat-Schmelzlösungen, Vidensk. Skr., Kristiania (1918).
21. H. S. Washington, Chemical Analyses of igneous rocks, U. S. G. S., Prof. Pap. 99, Washington (1917).
22. H. S. Washington, The Chemistry of the Earth's Crust, Journ. of the Franklin Inst. (1920).

Der Bevölkerungsrückgang in Nordfrankreich und seine geographischen Begleiterscheinungen¹⁾.

Von B. Brandt, Bützow i. M.

Die fortgeschritteneren Völker des europäischen Kulturkreises weisen bekanntlich seit einer Anzahl von Jahrzehnten einen steten Rückgang ihrer Geburtenziffern auf, eine Erscheinung, die für ihren Bestand und ihre Machtstellung von außerordentlich bedrohlicher Bedeutung ist und die daher auch zu umfangreichen Erörterungen Anlaß gegeben hat. Deutschland verfügte bis zum Kriege, dessen Folgen für die Bevölkerung noch gar nicht abzusehen sind, noch über einen Geburtenüberschuß von über 12 vom Tausend; unsere Bevölkerung stieg, wenn auch langsamer als früher, doch immer noch an. In Frankreich dagegen war das längst nicht mehr der Fall; sein Geburtenüberschuß schwankte seit Jahren um Null²⁾, ja seine Bevölkerung würde abgenommen haben, wenn nicht alljährlich einige Zehntausende von Einwanderern, namentlich aus Deutschland, Belgien und Italien, dem Rückgange entgegengewirkt hätten. Dem hierdurch bewirkten Stillstande der Volksziffer entspricht aber kein Gleichgewichtszustand. Denn einmal unterliegt die Bevölkerung einer raschen anthropologischen Umwandlung, bei der der eigentliche eingeborene mit Generationen im Lande wurzelnde Franzose in dem neu entstehenden Mischvolke immer mehr in den Hintergrund tritt. Die derzeitige jährliche Abnahme an echten Franzosen wird auf etwa 70 000 geschätzt; sie wird immer größer werden und zur Folge haben, daß in einem Jahrhundert der echte Franzose unter den Bewohnern Frankreichs eine Stellung einnehmen wird, wie der Wisent unter den großen Säugtieren. Man wird ihn hegen müssen, wenn er nicht verschwinden soll³⁾. Zum andern betrifft die Auffüllung mit fremdem Volksblut naturgemäß nur die wirtschaftlich besonders lockenden, vor allem die industriell entwicklungsfähigen Gegenden, während in anderen weniger begünstigten der Rückgang ungehindert weiter vor sich geht.

Es liegt auf der Hand, daß solche nach Art,

¹⁾ Nach einem Vortrage, gehalten in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin und im Verein für Erdkunde zu Dresden.

²⁾ Solbrig, Geburtenrückgang und Säuglingssterblichkeit in Deutschland . . . , Veröff. a. d. Geb. d. Medizin. Verw. VII, 6, 1917.

³⁾ Kresse, Der Geburtenrückgang in Deutschland, seine Ursachen und die Mittel zu seiner Beseitigung, Berlin, S. 5.

Zahl und Gegend verschieden ablaufenden Wandlungen der Bevölkerung nicht ohne Einfluß auf deren Wohnraum bleiben können, daß sie sich im Siedlungsbilde Frankreichs widerspiegeln müssen. Da die deutsche Literatur über den Bevölkerungsrückgang Frankreich gewöhnlich als Ganzes erörtert, ohne die einzelnen Regionen gesondert zu berücksichtigen — ein Standpunkt, der für die meist im Vordergrund stehenden rassehygienischen und soziologischen Betrachtungen auch gerechtfertigt ist —, so ist es ohne Untersuchungen an Ort und Stelle kaum möglich, sich ein Bild von dem örtlichen Verlaufe des Bevölkerungsrückganges und insbesondere von seinen geographischen Begleiterscheinungen zu machen. Es erschien daher im Felde eine lohnende Aufgabe, diese Verhältnisse innerhalb eines geeigneten beschränkten Raumes zu untersuchen. Das geschah auf doppeltem Wege: Erstens wurde die Bevölkerungsbewegung einzelner Orte auf Grund des örtlichen statistischen Materials festgestellt. Zweitens wurde nach Erscheinungen allgemeinen Niederganges und nach Anzeichen der Umwandlung von Siedlung, Wirtschaft und Volkstum in Dorf und Flur gesucht, und zwar sowohl mittels Beobachtung und Erkundung, als auch durch das Studium chronistischer Nachrichten. Die so gewonnenen Befunde waren dann nach Ausscheidung alles Individuellen und örtlich Bedingten oder besonderen Ursachen Entspringenden miteinander in Einklang zu bringen und endlich als Erscheinungen eines allgemeinen anthropogeographischen Umwandlungsvorganges zu betrachten.

Das Untersuchungsfeld, welches in erster Linie durch Feldzugswillkürlichkeiten vorgeschrieben war, liegt im Grenzgebiete zwischen Champagne, Picardie und Isle de France. Es war zur Untersuchung besonders geeignet, weil es vorwiegend landwirtschaftlich ist, keine nennenswerte Industrie hat und nur kleine Städte besitzt. Es ist mit großer Sicherheit anzunehmen, daß eine Einwanderung von Ausländern größeren Stiles nicht stattfindet, und andererseits liegen die großen Industriegebiete Nordfrankreichs, Lille, Valenciennes usw., weit genug ab, um ihre menschenansaugende Kraft unmittelbar geltend zu machen. Wenn irgendwo, so darf man hier erwarten, den viel besprochenen Rückgang der französischen Bevölkerung unbeeinflusst beobachten zu können. Ein langer Aufenthalt gab auch Gelegenheit, in die erforderlichen Quellen hinreichend Einblick zu tun.

Die Ortschaften, welche untersucht wurden, liegen in diesem weiten Gebiete ganz unregelmäßig verstreut und unter ganz verschiedenen Siedlungsbedingungen. Z. T. handelt es sich um kleine fleckenartige Siedlungen (bourgs), z. T. um Dörfer, die bald auf fruchtbarem Lehm-, bald auf trockenem Kreidekalkboden liegen und ganz verschiedenen Volksdichte-, Wirtschafts- und Verkehrsbezirken angehören. Diese Zerstreuung und

Mannigfaltigkeit schützt vor der Verallgemeinerung etwaiger örtlicher Besonderheiten der Bevölkerungsverhältnisse und berechtigt, überall gleichmäßig festgestellte Erscheinungen auch als allgemeine, für einen größeren Bereich gültige aufzufassen.

Das Zahlenmaterial lieferten die chronikartigen historisch-topographischen Abrisse über einzelne Ortschaften oder Kantone, die es in Nordfrankreich in großer Zahl gibt und die, da sie gewöhnlich von den Ortspfarrern verfaßt, auch einigermaßen gleichmäßig ausgeführt sind⁴⁾.

Sie bringen lange Reihen von Einwohnerzahlen aus verschiedenen Zeiten. Bisweilen beginnen sie damit schon im 17. Jahrhundert; lückenlos werden die Zahlen aber erst mit dem Beginne des 19. In derselben Weise wird über Geburten, Sterbefälle und Heiraten berichtet, desgleichen über die Zahl der Häuser, Feuerstellen und der verfallenden Gebäude. Endlich berichten die selbst die geringfügigsten Ereignisse anführenden historischen Abschnitte auch über alle den Bevölkerungsgang betreffenden Verhältnisse, als Hungersnöte, Seuchen, Zu- und Abwanderung. Die Sorgfalt der Abfassung bürgt für die Zuverlässigkeit der Daten, die wohl auch bei dem Stande der Verfasser aus erster Quelle, nämlich aus den Kirchenbüchern und den Registern der Ortsbehörden geschöpft sein dürften. Natürlich sind Unterschiedlichkeiten der Darstellung vorhanden; der eine Verfasser gibt die Zahlen in kleineren, der andere in größeren Abständen an. Auch fehlt es nicht an Ungleichmäßigkeiten und empfindlichen Lücken. Immerhin zeitigte die Verarbeitung der Zahlen von einigen dreißig Ortschaften hinreichende, sich gegenseitig ergänzende und bestätigende Ergebnisse, so daß es ganz gut möglich ist, sich in großen Zügen ein Bild von der Bevölkerungsbewegung zu machen. Die jüngsten Einwohnerzahlen wurden der Karte 1 : 80 000 entnommen, auf der sie bekanntlich neben den Ortsnamen eingetragen sind.

Mittels dieses Materiales wurde nun für jeden Ort eine Kurve hergestellt, welche den Gang der Bevölkerung von 1800 bis 1910 veranschaulicht. Für die Anordnung der in der Fig. 1 wiedergegebenen Auswahl war allein der äußere Grund, sie auf möglichst engem Raume zusammenzudrängen, maßgeblich. Es zeigt sich nun, daß die Kurven insgesamt einander ähnlich sind, und es darf hieraus geschlossen werden, daß ihr Verlauf nicht durch örtliche, besondere, sondern durch allgemeine, weiter verbreitete Ursachen bedingt ist.

Die mehr oder weniger tiefen sekundären Ein-

senkungen mancher Kurven haben besondere Ursachen: Bei einer Anzahl bezeichnet das Jahr 1872 den Tiefpunkt einer Einsenkung, die augenscheinlich mit dem Menschenverlust des Krieges in Zusammenhang steht. Bei den geringen Volkszahlen, um die es sich hier handelt, genügt schon ein Ausfall von einer kleinen Menge von Männern, um die Kurve zu beeinflussen, jedoch nur für kurze Zeit, denn bei der kurzen Dauer des Krieges erlitt die Volksvermehrung nur geringen Abbruch.

Anders sind die tiefen Scharten der Kurven von Montcornet, Chaourse und Rozoy zu deuten.

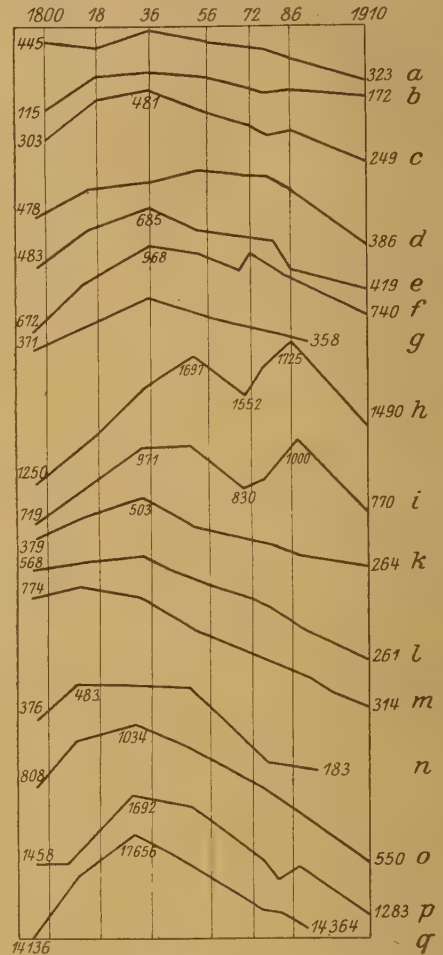


Fig. 1. Gang der Bevölkerung von 1800—1910. a. Dagny-Lamercy. b. Grandrieux. c. Morgny. d. Montloué. e. La ville du bois lès Dizy. f. Brunchaniel. g. Les Autels. h. Montcornet. i. Chaourse. k. Renneval. l. Dohis. m. Parfondeval. n. Rouvroy sur Serre. o. Vigneux. p. Rozoy sur Serre. q. Mittlere Kurve von 30 Ortschaften.

Hier gehören die zum Tiefpunkt herniedersteigenden Strecken schon der allgemeinen Senkung an, die aber nach 1870 durch Bahnbau und gesteigerte wirtschaftliche Bedeutung noch einmal wieder aufgehoben wird, freilich nur für kurze Zeit, denn von 1886 an sinkt die Volksziffer wieder mit der gleichen Geschwindigkeit wie bis 1870.

Zum Teil örtliche Bedeutung hat ferner das überaus starke Sinken einiger Kurven (Rouvroy

⁴⁾ U. a. wurden vorwiegend benutzt: M. Mien-Péon, le canton de Rosoy-sur-Serre. Histoire, Biographie, Géographie, Statistique. 1887. — L'Abbé Maurice Leroy, Le Quesnel et Saint-Mard-en-Chaussée. Amiens 1911. — Brucelle u. Lefèvre, Un village de la vallée de la Serre ou histoire de Chalandry (Aisne). — Melleville, histoire de la ville de Laon. 1846. — Matton, Dictionnaire topographique du Département de l'Aisne. Paris 1871.

sur Serre). Die Verminderung um mehr als die Hälfte ist nur eine scheinbare; sie beruht auf der Ausgemeindung und Verselbständigung früher zugehöriger Teile, die dann übrigens auch als selbständige Gemeinden dem gleichen allgemeinen Rückgange unterliegen.

Sieht man von diesen Abweichungen ab, so ist allen Kurven ein Aufstieg, ein Höhepunkt und ein Abstieg eigen. Der Umschwung vollzieht sich meist in den mittleren Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts. Bei den Orten, bei denen Zahlen vor 1800 vorlagen, zeigte sich, daß der Anstieg schon in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts einsetzt und offenbar einer längeren Periode annähernd gleichbleibender Volkszahl folgt. In der am Schlusse der Fig. 1 angefügten Durchschnittskurve von 30 Orten ver-

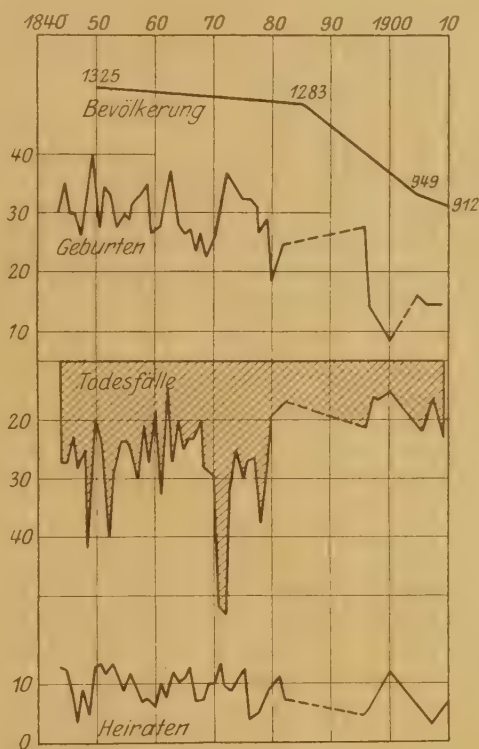


Fig. 2.

Der Bevölkerungsrückgang im Zusammenhang mit den Geburts- und den Sterbeziffern.

Le Quesnel.

Gleichgewicht ist nur vorübergehend; denn neuerdings fällt die Bevölkerungszahl sämtlicher Orte gleichmäßig, und es zeigt sich fast nirgends eine Neigung zum Stillstand, kaum eine Mäßigung der Abnahme. Es besteht höchstens der Unterschied, daß die kleineren rein ländlichen Siedlungen langsamer abnehmen als die größeren fleckenartigeren. Vergleichsweise sei bemerkt, daß in einer entsprechenden Landschaft Deutschlands, in dem vorwiegend landwirtschaftlichen, industriearmen, vom modernen Wirtschaftsleben wenig umgestalteten hannoverschen Regierungsbezirke Stade in demselben Zeitraum, in dem die französische Bevölkerung um 25 % abgenommen hat, ein Zuwachs von etwa 30 % zu verzeichnen ist⁵⁾.

Ganz anders verhält sich die Bevölkerungsbewegung der Städte, z. B. der größten des ganzen Gebietes, der Stadt Laon. Bis in die Mitte des Jahrhunderts bewegte sich deren Volksziffer in der gleichen Weise langsam aufwärts wie die der Dörfer. Dann aber setzt gleichzeitig mit dem Niedergange der Dorfbevölkerung eine erhöhte Aufwärtsbewegung ein, so daß die Volksziffer am Ende des Jahrhunderts weit mehr als das Doppelte beträgt als am Anfange.

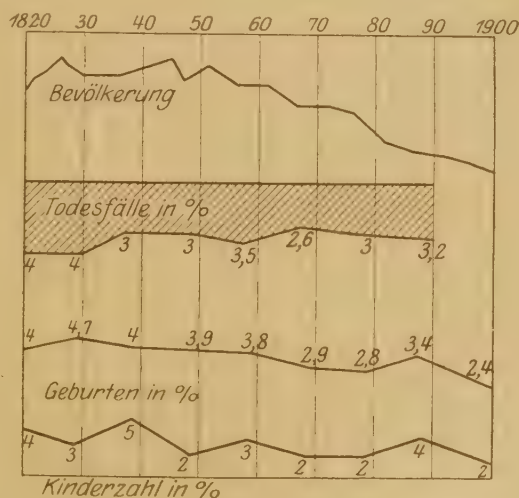


Fig. 3.

Chalandry.

schwinden die außerordentlichen Einbuchtungen und es treten die allgemeinen Eigenschaften deutlich hervor. Man sieht, daß die Bevölkerung bis gegen 1840 sich um rund 25 % vermehrt, diesen Zuwachs aber bis 1900 wieder verloren hat, so daß sie am Beginne des 20. Jahrhunderts auf demselben Standpunkte steht wie an dem des 19. Betrachtet man die Kurven einzeln, so ergibt sich, daß 1910 von 26 Orten 20 unter dem Stande von 1800 stehen und nur 6 einen Zuwachs aufzuweisen haben. Es sind dies die größten der ganzen Reihe, vornehmlich die, die — wie erwähnt — in jüngerer Zeit eine Steigerung ihrer wirtschaftlichen Bedeutung erfahren haben. Aber das

Einen Hinweis auf die Ursachen des Bevölkerungsrückganges geben die Geburts- und Sterbeziffern. In den Fig. 2 und 3 sind die diesbezüglichen Kurven zweier Orte dargestellt, über die besonders reichliches Zahlenmaterial vorliegt. Die Orte, fleckenartige Siedlungen überwiegend landwirtschaftlichen Gepräges, liegen weit voneinander entfernt, der eine — Le Quesnel — in der Landschaft „Santerre“, in der Gegend der mittleren Avre, der andre — Chalandry — im „Laonnois“, der Umgebung von Laon. Für die Kurven von Le Quesnel sind die absoluten Zahlen,

⁵⁾ Plettke, Heimatkunde des Regierungsbezirks Stade, Bd. I, S. 443.

für die von Chalandry die mittleren Prozentzahlen zehnjähriger Abschnitte verwendet worden. In Le Quesnel zeigen die Geburtszahlen in den mittleren Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts einen kleinen Rückgang gegenüber denen im 18. und ein rasches Sinken von 1870 an. Die Sterbeziffern, die im 18. Jahrhundert sehr hoch sind, gehen am Beginn und am Ende des 19. in Abstufungen zurück, die Perioden rascher Fortschritte der Medizin und Hygiene entsprechen. Einen ähnlichen Verlauf weisen auch die Kurven von Chalandry auf. Es fragt sich nun, ob das Sinken der Geburtsziffern allein für den Bevölkerungsrückgang verantwortlich ist? Ist das der Fall, dann muß die Bevölkerungskurve die Resultierende aus der Geburten- und Sterbezifferkurve sein. Für die älteren Teile der Kurven, etwa bis in die siebziger Jahre, trifft dies zweifellos zu. Die mäßige Volksabnahme wird bedingt durch eine mäßige Senkung der Geburtenziffer bei gleich hoch bleibenden Sterbezahlen. Dagegen wirkt in den jüngeren Abschnitten dem raschen Fallen der Geburtenziffern die bedeutende Abnahme der Todesfälle entgegen. Die Resultierende sinkt also in beiden Fällen nicht so rasch wie die Bevölkerungskurve, die einen Menschenverlust von 25 % in 30 Jahren anzeigt. Es muß daher in beiden Fällen neben der Geburtenabnahme noch ein anderer volksvermindernder Umstand mit im Spiele sein, und das kann, da ja die Sterbeziffer sich in günstiger Richtung bewegt, nur die Abwanderung sein. Was für diese beiden weit voneinander entfernten Orte gilt, darf auch für die übrigen angenommen werden, wenigstens überall da, wo die Volkszahlen in letzter Zeit sehr bedeutend abnehmen.

Einen letzten Schluß gestattet das Zahlenmaterial über die Heiraten, deren Kurve für Le Quesnel nach absoluten Zahlen gezeichnet wurde. Da die mittlere Zahl der Heiraten annähernd gleich bleibt, die der Geburten aber abnimmt, ist auf eine sinkende Kinderzahl der Ehen zu schließen. Daß dies in der Tat der Fall ist, zeigt unmittelbar die Kurve der mittleren auf eine Ehe entfallenden Kinderzahlen für Chalandry, die von einem Durchschnittswerte von 3,5 während der ersten Jahrhunderthälfte auf einen solchen von 2,5 in den letzten Jahrzehnten heruntergeht.

Bei den Städten läßt der gleichartige Verlauf der Bevölkerungskurve in der ersten Jahrhunderthälfte auch auf ein gleiches Verhalten der Geburts- und Sterbeziffern schließen, zumal es sich um kleine Städte handelt, deren Leben sich in jener Zeit von dem der Dörfer noch nicht so stark unterschieden haben dürfte. Sollte nun der genau gegenteilige Verlauf des Bevölkerungsganges in den letzten Jahrzehnten auf einer grundsätzlichen Änderung seiner Bedingungen beruhen? Sollte die zunehmende Kinderarmut der Ehen und die Geburtenabnahme in der Stadt sich weniger bemerkbar gemacht haben als auf dem Lande? Kaum, eher ist das Gegenteil denkbar. Es bleibt

dann nur noch die Annahme übrig, daß der Zuwachs der Stadt auf Zuwanderung beruht und es scheint naheliegend, daß dieser auf Kosten des Landes erfolgt ist, daß also das Plus der städtischen Bevölkerung dem Minus der ländlichen entspricht.

Fassen wir nun die bisherigen Ergebnisse zusammen:

In einem immerhin größeren Gebiete Nordfrankreichs, das wirtschaftlich im Ganzen nicht zu den schlechteren gehört und in einer Dichte wie die Oberlausitz oder das östliche Holstein von einer überwiegend landwirtschaftlichen Bevölkerung bewohnt ist, ist die Bevölkerung der Dörfer in starkem Niedergange begriffen, der, wenn er nicht bald durch Zuwanderung ausgeglichen wird, eine rasche Entvölkerung und Verödung zur Folge haben muß. Dagegen bewegt sich die Bevölkerungszahl in den Städten in den letzten Jahrzehnten stark aufwärts. Die Ursache des Bevölkerungsrückganges auf dem Lande liegt in der zunehmenden Kinderarmut der Ehen und der ihr folgenden Abnahme der Geburtenziffern und in der Abwanderung ländlicher Bevölkerungsteile.

Gehen wir nun zur Feststellung entsprechender Begleit- und Folgeerscheinungen im Siedlungsbilde über.

Die Bevölkerungsabnahme eines Ortes hat zunächst eine übermäßige Geräumigkeit der Siedlung, eine verminderte Wohndichte zur Folge. Diese läßt sich zahlenmäßig nachweisen, wenn neben den Einwohnerzahlen auch die Zahlen der Gebäude zu verschiedenen Zeiten bekannt sind. In dieser Hinsicht ist Chalandry lehrreich. Hier betrug die auf eine Feuerstelle entfallende Bewohnerzahl in älteren Zeiten vier, während sie im Jahre 1904 nur noch drei beträgt⁶⁾.

Überschreitet dann die Volksabnahme ein gewisses Maß, so müssen auch ganze Häuser überflüssig werden und, soweit sie nicht anderen Zwecken dienstbar gemacht werden, verfallen. Es ist daher kein Wunder, daß man nicht selten verfallende Gebäude antrifft, die sich — nebenbei bemerkt — von den Kriegsrüinen schon durch den fortgeschrittenen Zustand der Verwitterung und Bewachsung leicht unterscheiden ließen. Auch zählt die Statistik neben der Zahl der Gebäude und Haushaltungen mitunter auch die „maisons abandonnées et tombantes en ruines“ auf. Chalandry zählte deren 1904 nicht weniger als 13 auf 127 Häuser, also rund 10 % sämtlicher Gebäude. Auch diese Zahl entspricht in Verbindung mit den Werten der Wohndichte dem Bevölkerungsverluste von etwa 25 %. Man ersieht hieraus, wie sich bei einiger Kenntnis der Durchschnittsverhältnisse einer Gegend Beobachtung und Statistik ergänzen und von welchem Werte die Feststellung unbenutzter Gebäude für das Studium des Bevölkerungsrückganges sein kann. In den Flecken und kleinen Städten lassen sich diese

⁶⁾ Brucelle u. Lefèvre a. a. O. S. 241.

Folgen des Bevölkerungsrückganges weniger leicht feststellen, weil bei der vielseitigeren städtischen Wirtschaft leergewordene Gebäude leichter einem neuen Zwecke zugeführt werden können. Hier weisen höchstens im Verfall befindliche Kirchen auf den Volksrückgang hin, um so mehr, als nach der Trennung von Kirche und Staat für die Erhaltung überflüssiger Kirchengebäude keine Mittel vorhanden sind. Wenn z. B. in dem Städtchen Crépy nahe Laon von den beiden alten stattlichen Pfarrkirchen die eine verfällt und z. T. schon abgetragen ist, so ist sicher allein die Bevölkerungsabnahme daran schuld. Ein gewisses Maß für den Rückgang von kleinen Landstädten bietet der Vergleich mit entsprechenden in Deutschland. Legt man dabei die Größe des Weichbildes und die Häuserzahl zugrunde, so schätzt man die Einwohnerzahl regelmäßig zu hoch ein, wie denn auch die auf Karten angegebenen Einwohnerzahlen oft irrtümlich für die Häuserzahlen angesehen werden. Geht man aber beim Vergleiche von den Einwohnerzahlen aus, so erscheinen die französischen Ortschaften einerseits als übermäßig weiträumig, andererseits wegen ihres Mangels an Neubauten und zeitgemäßen Einrichtungen vergleichsweise rückständig. Nur selten kann man sich bei ihrem Besuche des Eindrucks des Stillstandes oder Rückganges erwehren.

Ein Beispiel fortgeschrittener Verödung bietet das Dorf Clermont les fermes in der weiteren Umgebung von Laon. Der Ort besteht aus einer Anzahl von Gehöften, die sich auf einen Anger öffnen, einer Kirche, gleich denen der benachbarten Dörfer und allem sonstigen Zubehör eines Dorfes. Dennoch sticht Clermont bedeutend von den Nachbardörfern ab; es beherbergt keine Bauern; das Land wird vielmehr von vier Pächthöfen aus bewirtschaftet, deren Arbeiter in kleinen, abseits gelegenen Tagelöhnerhäusern wohnen. Die Flur setzt sich aus großen Parzellen zusammen, doch zeigt ein Flurplan von 1881 die im weiteren Gebiete verbreitete germanische Einteilung in Gewanne, die gleichmäßig geteilt sind und deren Stücke nur hier und da offenbar später blockförmig zusammengelegt worden sind. Die Anteile der Güter an der Flur liegen ganz zusammenhanglos über die Gewanne verstreut; der des einen umfaßt nicht weniger als 26 Parzellen, zu denen noch 12 in benachbarten Gemarkungen liegende treten.

Wäre Clermont, das übrigens früher ohne den Zusatz „les fermes“ erscheint, von Anfang an Großgrundbesitz gewesen, so würden die Fluranteile zusammenhängen oder in große Blöcke aufgeteilt, nicht aber zersplittert sein. Es war also, worauf auch die Siedlung hinweist, einst ein Bauerndorf. Durch Auskauf der Mehrzahl von Anteilen seitens einiger weniger schrumpfte die Zahl der Besitzer schließlich auf vier zusammen. Damit wurde die Siedlung, wie die Zeichnung auf dem Flurplane beweist, nicht mehr als Dorf an-

erkannt. Später — anscheinend im Anschluß an die zu diesem Zwecke vorgenommene Herstellung des Planes — wurde dann die für den Großbetrieb störende Gemengelage durch eine Neuverteilung beseitigt. Damit sind alle Erinnerungen an den Dorfstand in der Flur ausgelöscht. Im Orte selbst sind sie zurzeit noch offenbar; sie werden aber infolge des Verfalls und der Umwandlung von Gebäuden mit der Zeit auch hier verschwinden.

Wir sehen hier nicht nur ein Dorf vollkommen verschwinden, sondern in der Vereinigung von Anteilen verschiedener Gemarkungen in einer Hand eine Bresche in die seit einem Jahrtausend bestehende Siedlungsstruktur der ganzen Gegend legen.

Wie der hier nachgewiesene abgeschlossene Entvölkerungs- und Verödungsprozeß im einzelnen abläuft, dafür bieten die gegenwärtigen Zustände in dem Nachbardorfe Bucy lès Pierrepont ein Beispiel: Der Ort enthält neben einer Anzahl von Bauernhöfen zwei große Güter, von denen das eine von einem Pächter, das andere vom Besitzer selbst bewirtschaftet wird. Bei dem letzteren liegt nun ein Areal unter dem Pfluge, das bedeutend größer ist als der nach der Flurkarte ihm zukommende Anteil. Neben diesem bewirtschaftet der Besitzer nämlich noch eine größere Fläche von Bauern abgepachteten Landes. Mit Bezug auf das eigene Land nennt er sich „propriétaire“, mit Bezug auf das gepachtete „cultivateur“. In dem vorliegenden Falle hätte nach Angabe des Gutsinhabers die Mehrzahl der kleinen Besitzer den Landbau aufgegeben und war in die Stadt gezogen, wo ihnen der Pächtertrag ihres Gutes neben Ersparnissen oder sonstigen Bezügen ein müheloseres Leben oder doch die Wahl einer zusagehenden Beschäftigung ermöglicht.

Bei dem starken Vorwiegen des Pachtwesens, wie es so viele Dörfer in diesem Teile Nordfrankreichs kennzeichnet und bei der Häufigkeit der kleinen „propriétaires“ in den Städten dürfen Vorgänge, wie sie in Bucy lès Pierrepont beobachtet werden, als allgemeiner verbreitet und für die Verödung von Dörfern verantwortlich gemacht werden, wobei es belanglos ist, ob das Land nun verpachtet wird; wie hier, oder endgültig verkauft wird, wie in dem Falle von Clermont les fermes. Man braucht nur eine größere Zahl von Flur- und Wirtschaftsplänen durchzusehen, um diesen Vorgang in ganz verschiedenen Stadien zu erkennen. Insbesondere dürften auch die so zahlreichen Dörfer mit der Zusatzbezeichnung „les fermes“ in dieser Hinsicht wichtige Aufschlüsse geben. Andererseits bestätigt die Verbreitung solcher Vorkommnisse, daß das Wachsen der Städte in der Tat mindestens zum Teile auf Kosten des flachen Landes erfolgt. Die Landflucht entspricht dem bekannten Ziele großer Teile des französischen Volkes, noch in reiferen Jahren ein behagliches Rentnerdasein zu führen und steht in engem Zusammenhange mit der nachgewiesenen

Beschränkung der Geburtenzahl. Wenn die in dem gleichen Gebiete erhobenen Angaben, daß sich neuerdings in zunehmendem Maße kapitalistische Gesellschaften des Pachtwesens bemächtigen und die Landwirtschaft mehr und mehr industrialisieren, in größerem Umfange gültig sind, so würde die Verödung des Landes und die Umwandlung seiner Siedlungen dadurch bedeutend beschleunigt werden.

Die Entvölkerung des Landes geht aber nicht nur mit einer Veränderung der Siedlungen und der Besitzverhältnisse einher, sie muß auch, indem sie die zur Bearbeitung des Bodens zur Verfügung stehende Menschenkraft mindert, die Wirtschaft in andere, weniger Menschenkraft erfordernde Bahnen lenken. Der nächstliegende Weg ist der Übergang vom Ackerbau zur Weidewirtschaft und Viehzucht. Dafür, daß dieser Weg beschritten worden ist, sprechen gewichtige Anzeichen:

In der Gemarkung von Andigny les fermes im nördlichen Teil des Département Aisne beträgt die Ackerfläche ungefähr ein Drittel der Flur; den großen Rest nehmen von Hecken umfriedete Weiden ein. Acker und Weide sind nicht, wie es gewöhnlich der Fall ist, entsprechend der Bodenbeschaffenheit gesondert, sondern ohne Rücksicht auf die Unterschiede des Geländes weitgehend durcheinandergemengt, so daß sie stellenweise geradezu abwechseln. Das so entstehende sehr merkwürdige Flurbild kann keineswegs ursprünglich sein. Wenn der Weidewirtschaft von Anfang an ein so beträchtlicher Anteil der Flur dienstbar gemacht worden wäre, so würde man ihr eine möglichst zusammenhängende Fläche in Anlehnung an die topographischen Verhältnisse zugewiesen haben, keineswegs aber eine mit so vielen Nachteilen, wie unnützen Wegen und Umfriedungen, verbundene Anordnung gewählt haben. Viel wahrscheinlicher ist es, daß die zwischen den Feldstücken gelegenen Weideparzellen früher unter dem Pfluge lagen und daß die Weidefläche auf Kosten des Ackers gewachsen ist. Die starke Durchmischung der beiden Kulturflächen weist ferner darauf hin, daß der Übergang vom Ackerbau zur Weidewirtschaft nicht planmäßig, sondern ganz willkürlich vor sich gegangen ist, indem bald hier, bald da Äcker verschiedener Besitzer in Weiden umgewandelt worden sind.

Was die Flur von Andigny im Kleinen zeigt, gilt für die weitere Umgebung und für große Teile des nördlichen Département Aisne ganz allgemein. Die Weidewirtschaft tritt stark in den Vordergrund, ohne ersichtliche Ursache, denn weder Bodenbeschaffenheit noch Klima begünstigen sie vor den benachbarten Gebieten. Im einzelnen aber ist ihre Ausbreitung örtlichen Schwankungen unterworfen. Westlich der oberen Sambre mischen sich die Weiden mit Äckern, so daß die ganze Landschaft ein ähnliches Aussehen hat wie die Flur von Andigny im Kleinen. Im Osten dagegen drängen sie sich so zusammen, daß es

auf weite Strecken schwer ist, einen Acker zu entdecken und die Landschaft einer viehzüchtenden Marsch ähnelt. Im ganzen ist sie durch eine abgestufte Mischung ihrer beiden Kulturformen ausgezeichnet, eine Eigenschaft, die auf einem noch in der Abwicklung begriffenen Umwandlungsvorgang hinzuweisen scheint.

Die Siedlungen dieser Gegend setzen sich aus einem geschlossen gebauten Dorfkern und einem Gürtel über die ganze Gemarkung verstreuter, an das Straßennetz angelehnter Einzelgehöfte zusammen, die besondere, jedoch zur Gemeinde gehörende Weiler (hameaux) bilden. Ihre Namen nehmen gelegentlich auf die Viehzucht Bezug („Pas de vaches“). Da die geschlossene Dorfanlage der hier allgemein herrschenden germanischen Flureinteilung, also dem Ackerbau entspricht, die Streulage aber typisch für Siedlungen mit überwiegender Viehzucht ist, so kommt der Mischcharakter der Kulturlandschaft auch in den Orten zum Ausdruck. Endlich spricht auch das urkundlich nachweisbare junge Alter der Weiler für ein Wachsen der Weiden auf Kosten des Ackers.

Was den Einfluß der Bevölkerungsverminderung auf das Dorfbild im einzelnen anlangt, so war der verödeten und verfallenen Gebäude schon gedacht worden. Aber das ursprüngliche Gehöft, der fränkische Bauernhof in mehr oder minder typischer Form, nimmt nicht nur an Zahl ab, sondern geht auch in Neubildungen unter. Überall findet man ihn in Auflösung. Die überflüssigen Wirtschaftsgebäude verschwinden. Die Wohnhäuser werden umgebaut und dabei gern mit der Längsseite der Straße zugewendet. Oft sind ihre Einfahrten so schmal, daß kein beladener Heuwagen mehr auf den Hof gelangen könnte. Mit den Neubauten ziehen städtische Bauformen ins Dorf. Fachwerkhäuser weichen geputzten, mit Mansardendächern gedeckten, unländlichen Bauten. Mit der Aufgabe der Landwirtschaft dringt das eine oder andere Gewerbe selbst in kleinere Dörfer ein; Läden entstehen. Das Pachtwesen führt zum Bau nüchterner, armseliger Arbeiterhäuser, die die Gehöfte verdrängen und Giebel an Giebel erbaut, den ländlichen Charakter der Siedlung zerstören. Die Dörfer erhalten mehr und mehr ein halbstädtisches, unausgeglichenes, Mißbehagen hervorrufendes Gepräge, wie es bei uns nur die Ortschaften im Saume des Großstadtweichbildes aufweisen.

Fassen wir zusammen: In dem gleichen Gebiete, in dem der Rückgang der ländlichen Bevölkerung nachgewiesen worden war, vollzieht sich auch eine bedeutende Umwandlung der Siedlung selbst. Am Anfange des Siedlungsvorganges steht das Dorf mit seinem eigentümlichen, durch Boden und Geschichte bedingten Plane, seiner germanischen Flureinteilung in Gewanne mit gemengten Anteilen, mit einer Generationen hindurch bodensässigen Bauernbevölkerung und mit einer Summe von Merkmalen, die ihm ein eigenartiges, von dem anderer Landschaften abweichendes Ge-

prägen geben. Nun setzen die Folgen des Bevölkerungsrückganges ein: Zunächst im Bilde des Ortes; es werden Häuser überflüssig und verfallen. Dann in der Flur; der Ackerbau nimmt ab, die Weidewirtschaft zu. So vollzieht sich als zweite Wandlung eine gründliche Veränderung der alten wirtschaftlichen Struktur. Die damit Hand in Hand gehende Zunahme des Pachtwesens zerstört die alten Besitzverhältnisse. Damit geht auch die Bodensässigkeit und das charakteristische regionale Siedlungsgepräge verloren. Der immer mehr um sich greifende Großbetrieb, der sich saisonweise fremder Arbeitskräfte bedient und die leeren Gehöfte seinen Erfordernissen entsprechend umwandelt, verwischt schließlich die letzten Eigentümlichkeiten, und so steht am Ende des Umwandlungsvorganges eine neuartige, von spärlicher, ortsfremder, rasch wechselnder Bevölkerung bewohnte, überlieferungslose Siedlung, nicht anders als eine junge Kolonie in einem überseeischen Siedlungsgebiete. Noch liegt dieses Endstadium, das sich in Clermont-les-forges bereits angedeutet findet, bei den meisten Ortschaften in der Ferne, seine Erreichung kann aber beim Fortgange des Bevölkerungsrückganges nur eine Frage der Zeit sein.

Der Rückgang der Dörfer einerseits und die Zunahme der städtischen Bevölkerung auf Kosten des Landes andererseits, setzen ungefähr um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ein. Ihre Ursache kann nur in der um diese Zeit zuerst deutlich in die Erscheinung tretenden Umwälzung der europäischen Wirtschaft und in der ihr folgenden Umwandlung des gesellschaftlichen Lebens liegen. Was an den hier vorgeführten Rückgangerscheinungen besonders auffällt, ist, daß sie sich in einem industriell keineswegs bevorzugten Lande schon so zeitig geltend machen, zeitiger besonders als in dem viel entwickelteren Deutschland. Vergleicht man nun die Verhältnisse in Frankreich mit den in den anderen europäischen Industriestaaten herrschenden, so findet man, daß Geburtenabnahme und Landflucht allen gemeinsam sind, daß aber der Hang der Franzosen zu frühzeitigem Rentnerdasein anderwärts nirgends seinesgleichen findet. Zu den allgemein verbreiteten, im modernen Wirtschaftsleben wurzelnden Ursachen des Bevölkerungsrückganges tritt also in Frankreich noch eine besondere, ihm allein eigentümliche Erscheinung, die aller Wahrscheinlichkeit nach als Alterssymptom des Volkes zu deuten ist. Ihr Fehlen in Deutschland berechtigt zu der Hoffnung, daß der Rückgang des Geburtenüberschusses, so ernst er auch hier zu nehmen ist, doch so bedrohliche Folgen nicht zeitigen wird, wie sie in Frankreich vor der Tür zu stehen scheinen.

Besprechungen.

Plotnikow, Joh., Allgemeine Photochemie. Ein Hand- und Lehrbuch für Forschung, Praxis und Studium. Berlin u. Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher

Verleger Walter de Gruyter & Co., 1920. XIV, 730 S., 68 Figuren und 1 Tafel. Preis geh. M. 140,—; geb. M. 150,—.

Das vorliegende Werk stellt insofern eine neue Art in der deutschen wissenschaftlichen Literatur dar, als wohl selten, vielleicht noch niemals unter einem so anspruchsvollen Titel etwas derartig Unvollkommenes dem Leser dargeboten worden ist. Der Verfasser scheint dies ein wenig selbst gefühlt zu haben, denn das Vorwort stellt gewissermaßen eine *captatio benevolentiae* dar. Dort werden mit ergreifenden Worten die Schwierigkeiten bei der Entstehung des Werkes geschildert und die Leiden, welche Herr Plotnikow zu erdulden hatte, als er, nach einem ungewöhnlich schnellen Aufstieg zu einer der ersten Universitätsstellen im zaristischen Rußland, durch den Ausbruch der russischen Revolution seiner Ämter entsetzt und vertrieben wurde. Bei allem Mitgefühl, welches man ihm als Mensch entgegenbringt, darf dieses doch nicht die sachliche Kritik seines Buches hemmen. Es mag durch den weitgehenden Abschluß von der Außenwelt gekommen sein, daß den Verfasser die beispiellose Entwicklung der Physik der Strahlung in den letzten Jahren nicht so frühzeitig erreicht hat, daß er sie genügend verarbeiten konnte. So ist es vielleicht zu verstehen, daß er sich selbst fast allein im Mittelpunkt der Entwicklung der Photochemie fühlt. Dies geht klar aus der historischen Übersicht auf S. 99 hervor, und von Seite 1 bis Seite 706 des Werkes bringt Plotnikow bei jeder möglichen Gelegenheit seinen eigenen Namen mit dem Gegenstand in Verbindung, so daß es richtiger gewesen wäre, er hätte das Werk nicht „Allgemeine Photochemie“, sondern „Plotnikows Ansichten über die Photochemie“ genannt.

In Anbetracht der Tatsache, daß gerade in dieser Zeit die Erkenntnis sich durchzuringen beginnt, daß die Photochemie nicht mehr das kleine Spezialgebiet der physikalischen Chemie ist, das auf den letzten Seiten der Lehrbücher recht kurz abgehandelt wird, sondern daß sie durch die Quantentheorie das wichtigste Bindeglied zwischen Chemie und Physik geworden ist, und daß in der Tat bis jetzt kein wirklich modernes photochemisches Lehrbuch existiert, ist der Rezensent gezwungen, sein ablehnendes Urteil über den vorliegenden Versuch Plotnikows etwas näher zu begründen.

Der Verfasser meint, daß das Buch zum *Studium*, d. h. zur Einführung in die Photochemie geeignet ist. Hierfür ist es zunächst durch den für den Studenten fast unerschwinglichen Preis unbrauchbar. Aber selbst wenn er es in einer Bibliothek in die Hände bekommt, wird wohl jeder intelligente Student sofort stutzig, wenn er auf S. 5 in dem einleitenden Kapitel über das Licht die Worte liest: „Das Wort ‚Licht‘ ist kein festbestimmter Begriff. Wir haben rotes, grünes, ultraviolette, ultrarotes, Röntgenlicht, Mondlicht, Sonnenlicht usw.“ Dann versucht Plotnikow mit höchst merkwürdigen Vergleichen die Wirkungsweise der Strahlung verschiedener Frequenz in den lichtempfindlichen Systemen plausibel zu machen: „Diese Form der Energie ist so zart, so fein, daß sie eine direkte mechanische Wirkung auf unsere Sinne nicht ausübt? Sie drückt nicht, wie die Schwere, sie rüttelt den Körper nicht auf wie z. B. ein Hochspannungsstrom, sie brennt nicht wie irgendein glühendes flüssiges Metall, sondern sie leuchtet Tag pro Tag hinein, und ganz unmerklich vollzieht sie die gewaltige Arbeit der Aufspeicherung der Energie in den grünen Pflanzen, in denen nur etwa $\frac{1}{2} 000 000$ in Form der chemischen Energie uns nutzbar

gemacht wird, der übrige Teil aber geht nutzlos verloren. Spielend kann das Licht, und besonders das künstliche, ultraviolette, derartige chemische Zersetzungen und Umwandlungen vollbringen, die auf keine andere Weise erzielt werden können.“ So geht es im schlimmsten popularisierenden Ton fort, mit unklaren Ausdrücken und Begriffen, wie auf S. 14, wo die kräftigere Wirkung der ultravioletten Strahlen in folgender Weise illustriert wird: „Ähnlich wie man an einer kleinen Flamme sich die Finger verbrennen kann, während in einer großen Wanne sich ruhig baden kann, obgleich ihr kalorimetrischer Wertinhalt größer ist als derjenige der Flamme.“ Auf Schritt und Tritt begegnet man falschen Zahlen und Angaben, abgesehen von den zahlreichen sinnentstellenden Druckfehlern. So ist z. B. der obige Bruch $\frac{1}{2} \cdot 000\,000$ nicht etwa der Ausnutzungsfaktor der Sonnenenergie beim Assimilationsprozeß, sondern Plotnikow verwechselt ihn mit der Schätzung Luthers über die Vernutzung der gesamten die Erdoberfläche treffenden Sonnenstrahlung durch grüne Pflanzen. Und auf S. 6 sagt er: „Wir haben keine Lichtquelle, die das gesamte Spektrum der strahlenden Energie aussendet.“ — „Das Sonnenlicht sendet wiederum hauptsächlich die sichtbaren und Wärmestrahlen und das Ultraviolett nur bis zu $290\,\mu$ Wellenlänge aus.“ Den schwarzen Körper und die Strahlungsgesetze erwähnt er mit keinem Wort.

Für die moderne Entwicklung der Strahlungstheorie hat Plotnikow scheinbar nicht viel Interesse. So nennt er das Einsteinsche Gesetz auf S. 56 „eine geistreiche und vielversprechende Arbeitshypothese“. Bei der Darstellung der Bohrschen Theorie der Balmerreihe auf S. 18 muß man zu dem Schluß kommen, daß

zuerst Bohr die Formel: „ $V^1 = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ “ aufstellte,

daß man dann „ R “ die Rydbergsche Konstante nannte, und daß schließlich Balmer fand, daß die Schwingungszahlen der Wasserstofflinien durch die Formel dargestellt werden, „wobei R dieselbe Größe, die von Bohr rein theoretisch berechnet wurde, besitzt“. Daß Plotnikow sich über die räumlichen Verhältnisse innerhalb des Bohrschen Atoms unrichtige Vorstellungen macht, geht aus der Figur 5 auf S. 17 unzweideutig hervor.

Diese wenigen Beispiele sollen zeigen, wie sichere Grundlagen der Physik verwischt werden. Dagegen soll der Student die drei Plotnikowschen photochemischen „Grundgesetze“ als richtig annehmen, von denen allerdings das zweite im Widerspruch zum Einsteinschen Äquivalentgesetz steht. Wer noch nichts über Photochemie weiß, wird sie aus diesem Lehrbuch nur sehr unvollkommen kennen lernen.

Für den Forscher bietet das Werk zunächst insofern Interesse, als es ihn mit der Auffassung Plotnikows über die Photochemie zusammenfassend bekannt macht, die man sonst nur aus seinen einzelnen Publikationen, die teils in russischer Sprache geschrieben sind, kennt. Sachlich ist zu diesen Arbeiten schon von verschiedenen Seiten in wissenschaftlichen Zeitschriften Stellung genommen worden. Außerdem sind eine recht große Anzahl anorganischer und organischer Lichtreaktionen aus der Literatur zusammengestellt, die für spätere Forschungen anregend wirken können. Diese Sammlung ist gewissermaßen, als Ergänzung der Photochemie Eders, die im Jahre 1906 erschienen ist, zu begrüßen, die allerdings in bezug auf Objektivität ein-

heitlicher ist als die Zusammenstellung Plotnikows. Dies gilt besonders für die Besprechung der quantitativen photochemischen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte. Hier hätte man von Plotnikow, dessen Hauptarbeitsgebiet gerade die photochemische Kinetik ist, etwas ganz anderes erwartet. Für eine objektive Darstellung des umfangreichen, sehr zerstreuten quantitativen Materiales liegt in der Tat ein sehr großes Bedürfnis vor, gerade weil die Photochemie sich jetzt in einem ähnlichen Entwicklungsstadium befindet wie die physikalische Chemie zu der Zeit, als das große Lehrbuch von Ostwald erschien. Dieses war tatsächlich eine Quelle für die Forschung und hat wesentlich dazu beigetragen, daß die Wissenschaft sich so entwickelt hat, daß die heutigen Lehrbücher kurz sein können. Die Darstellung Plotnikows ist nicht objektiv. Er betrachtet alles lediglich vom Standpunkt seiner mathematischen Theorie, die im mittleren Teil des Buches mit Hilfe der „Grundgesetze“ ausführlich entwickelt wird. Die zahlreichen vorhandenen kinetischen photochemischen Untersuchungen werden dann fast ausschließlich von dem Standpunkt aus diskutiert, ob sie den erwarteten Verlauf nehmen, und sehr häufig werden sehr wichtige experimentelle Ergebnisse einfach fortgelassen oder als Folgen der Versuchsanordnung hingestellt, wenn sie nicht recht passen.

Ein derartiges Verfahren ist bei einem Handbuch, wie es doch Plotnikow schreiben wollte, zu verwerfen, denn die durchaus nicht sicheren Grundlagen seiner Theorie können eines Tages durch neue Versuche als nicht genügend nachgewiesen werden, und dann würde vielleicht der Verfasser selbst sein Buch nicht mehr gern zur Hand nehmen.

Daß auch zur Verwertung der Theorie ganz unzulässige Annahmen gemacht werden, geht aus dem folgenden herausgegriffenen Beispiel (S. 463) hervor. Es soll die Lichtempfindlichkeit des Sublimates in der Ederschen Reaktion diskutiert werden: „ HgCl_2 besteht aus zwei photoaktiven Elementen, Hg und Cl_2 . Das erste besitzt einen Streifen der photochemischen Absorption vermutlich im äußersten Ultraviolett, das Chlor hat bekanntlich zwei Streifen der photochemischen Absorption, im Blauviolet und im äußersten Ultraviolett bei $220\,\mu$.“ Es werden also offenkundig die optischen Eigenschaften des Chlormoleküls auf das Mercurichlorid und das Chlorion übertragen. Die hieraus gezogenen Schlußfolgerungen hängen natürlich ganz in der Luft.

Ein weiterer Mangel bei der Verwendung des Buches als Quellenmaterial für die Forschung ist seine Unvollständigkeit, welche Plotnikow ja in dem Vorwort durch die mißlichen Umstände bei der Entstehung des Werkes entschuldigte. Er hätte dann eben mit der Herausgabe des Buches noch warten sollen, besonders da ihm ja seit 1919 die reichen Bibliothekshilfsmittel und die wissenschaftliche Anregung von Berlin zur Verfügung standen.

Aber das vollständige Fehlen ganzer für die allgemeine Photochemie fundamentaler Kapitel kann doch mit diesen persönlichen Umständen nicht im Zusammenhang stehen. Es sind dies u. a. die für das Studium der Photochemie wichtigen Grundlagen der Strahlung der festen Körper und Gase und die lichtelektrischen Erscheinungen. Der Becquereleffekt und die damit verwandten photogalvanischen Vorgänge sind ohne Zusammenhang bei einzelnen Stoffen nur mit einem Wort erwähnt und über die Fluoreszenz und Phosphoreszenz erfährt man gar nichts.

²⁾ Was bedeutet „ V “? Überall findet man vom Gewohnten abweichende Benennungen.

Die Biologen verlangen bei den täglich sich mehrenden Erfahrungen über die Einwirkungen des Lichtes auf biologische Vorgänge sehr dringend nach einem modernen Lehrbuch der Photochemie. Sie werden von dem Buche enttäuscht sein. Abgesehen von dem recht kurzen Kapitel über die Assimilation und wenigen Worten über den Sehpurpur ist das Gebiet nicht seiner Bedeutung entsprechend behandelt. Über die wichtigen photodynamischen Erscheinungen bei Gegenwart fluoreszierender Stoffe findet man nichts.

Dasselbe wie für den Forscher gilt auch für den Praktiker bei Verwendung des Buches von Plotnikow. Durch die Unvollständigkeit des Materiales und die sehr wechselnde Behandlungsart des Stoffes ist der Wert nur ein beschränkter. Es liegt hier ein buntes Gemisch von Ausführlichkeit bei unwesentlichen technischen Einzelheiten und Oberflächlichkeit und Unklarheit in den Grundtatsachen vor. Der Praktiker, welcher das Handbuch vorwiegend dazu verwenden möchte, um schnell über eine bestimmte Einzelheit Genaueres zu erfahren, wird daher nur selten das Gesuchte finden.

Zum Schluß noch ein Wort ohne Kommentar zu der Stellung Plotnikows der allgemeinen Entwicklung der Wissenschaft gegenüber, die er in der Einleitung vertritt. Ihm kommt es außerordentlich stark darauf an, die Priorität des Autors eines Gedankens einwandfrei festzustellen und die Richtigkeit oder Unrichtigkeit eines Forschungsweges möglichst schnell festzulegen, damit unnötige Arbeit vermieden wird. Um diese Schwierigkeiten zu beheben, schlägt er die Einrichtung einer ständigen internationalen Forschungskommission vor, „damit einzelnen Forschern, besonders wenn sie auf dem fraglichen Gebiet tätig waren oder sind, nicht die endgültige Spruchfassung bei der Erklärung der fraglichen Probleme widerspruchslos zugebilligt wird“. Was hätte wohl diese Kommission gesagt, wenn die „Vereinigung wissenschaftlicher Verleger“ ihr zur Begutachtung das Manuskript des vorliegenden Buches eingesandt hätten? —

Fritz Weigert, Leipzig.

Heuser, Emil, Lehrbuch der Zellulosechemie für Studierende an technischen Hochschulen und Universitäten, sowie für Zellulosefachleute. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1921. VII, 188 S. und 3 Textabbildungen. Preis geb. M. 32,—.

Die Chemie der Zellulose ist bisher ihrer großen industriellen Wichtigkeit entsprechend fast ausschließlich vom praktischen Gesichtspunkt aus bearbeitet worden. Die Papierindustrie, die Verarbeitung der natürlichen Zellulosespinnfasern, die Herstellung von Schießbaumwolle, von Kunstseide, von Viskose, die Hydrolyse zu Traubenzucker und die Gewinnung von Alkohol daraus und vieles andere Wichtige basieren auf empirischen Beobachtungen. Auf allen diesen wichtigen Gebieten hat die industrielle Einzelforschung eine verwirrende Fülle von Material angehäuft, aber die Angaben scheinen sich nicht selten zu widersprechen, einheitliche Gesichtspunkte fehlen vielfach, und statt zusammenfassender Theorien bekommt man häufig nur Namen vorgesetzt, mit denen sich präzise Vorstellungen nur schwer verbinden lassen.

Mehr als auf anderen Gebieten galt es hier an das Gestrüpp der empirischen Spezialforschung die kritische Heckenschere anzulegen, wenn man, wie es der Verf. beabsichtigt, für den Anfänger eine übersicht-

liche Schilderung der Zellulosechemie geben will. Daß dabei manches weggelassen mußte, wie z. B. die Besprechung der verschiedenen Zellulosearten (Reservezellulose u. a.), ließ sich bei dem geringen Umfang des Buches kaum vermeiden. Alles Wesentliche jedoch ist vorhanden, gebührend hervorgehoben und vor allem sehr übersichtlich angeordnet. Auf eine Einleitung, in der kurz das Vorkommen, die mutmaßliche Bildung der Zellulose im Pflanzenorganismus und die kolloidphysikalischen Verhältnisse der Faser besprochen werden, folgt eine Schilderung des chemischen Verhaltens. Hierbei werden zunächst in drei Kapiteln diejenigen Reaktionen behandelt, die sich aus dem typischen Verhalten der drei alkoholischen OH-Gruppen im Mol der Zellulose ($C_6H_7O_2(OH)_3$) erklären lassen: die Bildung von *Natronsalzen*, der Merzerisationsprozeß u. a., die Entstehung von *Säureestern* bei der Einwirkung von Salpetersäure, Schwefelsäure, Essigsäure, Ameisensäure, Benzoesäure usw. (Nitrozellulosen, Acetyl-, Formyl- und Benzoylzellulosen) und ihr Verhalten bei der Verseifung (Denitrirung usw.). Ferner die Bildung von *Alkyläthern* bei der Umsetzung der Natronzellulose mit Halogenalkylen.

Ein viertes Kapitel behandelt das technisch wichtige Verhalten der Zellulose gegen Oxydationsmittel. Vorgänge, die sich theoretisch durch den Übergang der Alkoholgruppen in Keton-, Aldehyd- und Karboxylgruppen von einem einheitlichen Gesichtspunkt leicht erklären lassen, praktisch experimentell aber nur schwierig zu verfolgen sind. Das gleiche gilt von dem Abbau des großen Zellulosemoleküls, durch alle Zwischenstufen (Hydrozellulosen, Zellulosedextrine) bis zum Traubenzucker, durch Hydrolyse mit Säuren (Kapitel V) unter den verschiedensten Bedingungen, wogegen neuerdings die Aufspaltung durch trockene Destillation im Vakuum (zu Lävoglukosan) eindeutige Resultate ergeben hat.

Ein letztes Kapitel VI beschäftigt sich mit den Vorstellungen, die sich aus dem bisherigen experimentellen Material für die *Konstitution* des komplizierten Zellulosemoleküls ergeben haben. Hier haben ältere Theorien (*Croß* und *Bevan*, *Tollens*) kaum noch historisches Interesse und hätten kürzer behandelt werden können, allerdings scheinen auch die neusten (*Heß*) schon überholt, denn gerade auf diesem Gebiet ist gegenwärtig alles in lebhafter Entwicklung begriffen.

Die Literatur ist bis in die letzte Zeit gewissenhaft berücksichtigt, die Darstellung klar und übersichtlich. Die Anforderungen an die chemische Vorbildung des Lesers sind nicht groß (vgl. z. B. die Benzoylierung der Zellulose S. 59), andererseits wäre bei der Wichtigkeit der stereochemischen Verhältnisse der Zuckergruppe angezeigt gewesen, etwas ausführlicher darauf einzugehen.

Das Heusersche Buch kommt einem aktuellen Bedürfnis entgegen. Das Studium der Zellulose hat in letzter Zeit nach längerer Pause wieder einen neuen Aufschwung genommen. Es ist dringend wünschenswert, daß sich auch die deutsche Chemie an dieser Entwicklung nach Kräften beteiligt und in wissenschaftlicher wie in technischer Richtung ein Material ausbeutet, für dessen Erzeugung wir in Deutschland ganz besonders günstig gestellt sind.

P. Friedlaender, Darmstadt.

Bucherer, Hans Th., Lehrbuch der Farbenchemie einschließlich der Gewinnung und Verarbeitung des Teers sowie der Methoden zur Darstellung der Vor-

und Zwischenprodukte. Leipzig, Otto Spamer, 1921. Zweite neubearbeitete Auflage. VIII, 636 S. Preis M. 120,— (+ 40 % Teuerungszuschlag).

Die seit dem Erscheinen der ersten Auflage (Ende 1913) verflossenen 7 Jahre gehören für die Farbenchemie zu den unfruchtbarsten, die sie seit ihrem Bestehen erlebt hat. Die deutschen (und ausländischen) Farbenfabriken waren bekanntlich durch den Krieg genötigt, ihre Betriebe und Laboratorien für dringendere Bedürfnisse umzustellen; die Fabrikation auch der gebräuchlichsten Teerfarben mußte auf ein Minimum beschränkt werden, für die Synthese neuer waren kaum Arbeitskräfte vorhanden. Ähnlich lagen die Verhältnisse für die Bearbeitung wissenschaftlicher farbenchemischer Probleme an den Hochschulen, und hierzu kam noch, daß alle etwaigen technisch wichtigen Beobachtungen aus naheliegenden Gründen nicht publiziert werden konnten und zum Teil auch heute noch nicht publiziert sind.

Es ist daher begreiflich, daß sich der Verf. für berechtigt hielt, sein Werk im wesentlichen wieder in der ursprünglichen Form erscheinen zu lassen und von grundsätzlichen Änderungen ab sah. Daß es trotzdem einen Zuwachs von 121 S. erhalten hat, ist bedingt durch die Berücksichtigung einiger neuerer Arbeiten, wie der Blüten- usw. Farbstoffe (Anthocyane) von Willstätter u. a. und namentlich durch die Aufnahme eines *Literaturverzeichnisses* (von 35 S.), das der Verf., „um mehrfach geäußerten Wünschen Rechnung zu tragen“, als Anhang dem Inhaltsverzeichnis angefügt hat. Leider muß gesagt werden, daß mit der vorliegenden Form auch bescheidenen Wünschen kaum entsprochen wird. Das Literaturverzeichnis enthält (für jeden Abschnitt) eine recht umfangreiche (aber durchaus nicht vollständige) Liste der einschlägigen Arbeiten nach den Autoren alphabetisch geordnet — aber ohne Inhaltsangabe und ohne Bezugnahme auf den Text, die zu ermitteln der Divinationsgabe des Lesers überlassen bleibt. Ein Beispiel für viele: Durch die Arbeiten von K. H. Meyer u. a. sind die Bildungsvorgänge bei der Darstellung der Azofarbstoffe weitgehend aufgeklärt und im Literaturverzeichnis finden sich auch zwei Zitate (nicht die wichtigsten). Aber an der betreffenden Stelle des Textes (S. 374) werden die Arbeiten ignoriert, und der Leser kann nur durch zufälliges Nachschlagen der Zitate erfahren, was in den Arbeiten drin steht und was für Vorstellungen jetzt für diese wichtige Farbstoffgruppe maßgebend sind. Noch bedenklicher als diese Zusammenhangslosigkeit von Text und Zitaten ist das völlige Ignorieren der für die Farbenindustrie wichtigsten Quellennachweise, der deutschen *Reichspatente*; der Leser erfährt nicht einmal von ihrer Existenz. Aber auch in den Text sind die Patente der letzten 7 Jahre nicht genügend verarbeitet worden. So fehlt in dem Kapitel „Teerdestillation“ (S. 23) der Hinweis auf das wichtige kontinuierliche Destillationsverfahren von Raschig (D.R.P. 260 060), dem die Zukunft gehört; bei den indigoiden Farbstoffen das neuere Darstellungsverfahren für Isatin (nach Sandmeyer) u. a. m.

Die Einteilung und Gruppierung des Stoffes ist die seit Jahrzehnten übliche und gegebene: Teer und Ausgangsprodukte, Zwischenprodukte, synthetische Farbstoffe mit den bekannten Unterabteilungen, natürliche Farbstoffe. Wo von ihr abgewichen wird, geschieht es nicht immer zum Vorteil der Übersichtlichkeit. So bei der Zusammenfassung sehr heterogener Farbstoffe

zu der Gruppe „Küpenfarbstoffe“ oder bei der ganz unübersichtlichen Einteilung der Azofarbstoffe in Mono-, Dis-, Tris-, Polyazofarbstoffe, Beizenfarbstoffe (!), Pyrazolonfarbstoffe (!). Für den Anfänger wird dadurch das Verständnis nur erschwert, aber auch dem Fachmann wird es dadurch nicht leichter gemacht, bestimmte Farbstoffe zu finden. Ich kann nur raten, bei einer Neuauflage zu dem bewährten Schema zurückzukehren, in dem der fachlich reiche Inhalt des Werks besser zur Geltung kommen würde.

Eine eingehende Würdigung desselben erfolgte bereits in dieser Zeitschrift bei Besprechung der ersten Auflage, auf die hier verwiesen sei.

P. Friedlaender, Darmstadt.

Physikalische Berichte. Als Fortsetzung der „Fortschritte der Physik“ und des „Halbmonatlichen Literaturverzeichnisses“ sowie der „Beiblätter zu den Annalen der Physik“ gemeinsam herausgegeben von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für technische Physik unter der Redaktion von Karl Scheel. Erster Jahrgang. 1920. 25 Hefte, CXX u. 1722 S. Braunschweig. Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn. Preis M. 80,—.

Am 14. Januar 1845 wurde von G. Karsten, W. Beetz, H. Knoblauch, E. du Bois-Reymond, W. Heintz und E. Brücke die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“ begründet. Als ihre Hauptaufgabe betrachtete die junge Gesellschaft die Herausgabe eines Referatenblattes, das in Jahresbänden über die physikalische Literatur der ganzen Welt lückenlos berichten sollte. Diese Jahresberichte traten als „Fortschritte der Physik“ alsbald unter G. Karstens Redaktion ins Leben; der erste Jahrgang über das Jahr 1845 erschien 1847, und wir finden in den Mitarbeiterlisten dieses und der folgenden Bände zahlreiche Namen von gutem Klang, deren Träger es nicht verschmähten, ihre Arbeitskraft in den Dienst einer guten Sache zu stellen.

Soll ein Referatenorgan seinen Zweck erfüllen, so muß es die Literatur nicht nur vollständig umfassen, sondern es muß auch dafür sorgen, daß sie so schnell wie möglich zur allgemeinen Kenntnis kommt. Das ist für den Redakteur, der vom guten Willen seiner Mitarbeiter abhängig ist, keine leichte Aufgabe, und auch Karsten scheint dieser Schwierigkeit nicht gewachsen gewesen zu sein. Er selbst klagt schon im 4. Bande der „Fortschritte“, der über das Jahr 1848 berichtete, aber erst 1852 erschien, bitter über die Verzögerung, und die einmal entstandene Lücke mußte sich naturgemäß noch vergrößern, als nach Karsten in kurzer Folge mehrere andere Gelehrte das schwierige Redaktionsgeschäft übernahmen. Die „Fortschritte der Physik“ büßten mehr und mehr an Bedeutung ein und bereiteten dadurch einem neuen Unternehmen den Boden, das im Jahre 1877 als „Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie“ im Verlage von Johann Ambrosius Barth in Leipzig auf den Plan trat. Die „Beiblätter“ haben zu keiner Zeit eine lückenlose Erfassung der physikalischen Weltliteratur für sich in Anspruch genommen, wohl aber brachten sie das Material, über welches sie überhaupt berichteten, mit bemerkenswerter Schnelligkeit zur Kenntnis ihrer Leser. Die „Fortschritte“, die „Beiblätter“ war forthin das Feldgeschrei; immer mehr und mehr Freunde traten aus dem Lager der „Fortschritte“ in dasjenige der „Beiblätter“ über und da inzwischen die Spanne zwischen Berichtsjahr und Erscheinungsjahr bei den „Fortschritten“ zeitweilig auf sieben Jahre ange-

wachsen war, so schien die Krisis unvermeidlich zu sein, als im Jahre 1893 der bisherige treue Verleger der „Fortschritte“, Georg Reimer, das Maß seiner pekuniären Opfer für voll erklärte und der Gesellschaft den Verlagsvertrag kündigte.

In dieser Zeit der höchsten Not erstand ein Retter in der Verlagsbuchhandlung von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig. Die Firma erklärte sich zur Weiterführung der „Fortschritte“ bereit, wenn sich Männer fänden, welche die nötige Energie besäßen, im Verein mit ihr die ungeheure zeitliche Lücke zu schließen und die Jahresberichte wieder zu einem aktuellen Unternehmen zu gestalten. Und diese tatkräftigen Männer fanden sich wirklich: *Richard Assmann*, der schon eine Reihe von Jahren die dritte Abteilung der „Fortschritte“, die kosmische Physik, betreute, und *Richard Börnstein*, der mit der Reorganisation der Jahresberichte neu in die Redaktion eintrat. Es wurde vereinbart, daß man sofort mit der Bearbeitung des laufenden Jahrgangs beginnen und den Bericht im darauffolgenden Kalenderjahre herausbringen sollte. Daneben aber sollte, mit dem ältesten rückständigen Jahrgange anfangend, die Zwischenzeit aufgearbeitet werden. *Assmann* und *Börnstein* haben diesen Plan im Verein mit einem zahlreichen Stabe treuer Mitarbeiter mit Hingebung und Selbstverleugnung restlos verwirklicht. Im Jahre 1899 war die Lücke geschlossen und die „Fortschritte“ erschienen von da ab regelmäßig bis spätestens November mit den Berichten über das verflossene Jahr.

Trotz der beschleunigten Herstellung liegt eine unvermeidbare Verzögerung im Wesen eines Jahresberichtes begründet. Eine wissenschaftliche Veröffentlichung, die etwa im Januar erscheint, findet ihre Erledigung ungünstigsten Falles erst in einem Ende des nächsten Jahres ausgegebenen Bande. Um diese Unzuträglichkeit abzuschwächen und die für die „Fortschritte der Physik“ laufend zu leistenden Vorarbeiten den Gelehrten nutzbar zu machen, wurde im Jahre 1902 das „Halbmonatliche Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik“ begründet, das die Titel aller physikalischen Veröffentlichungen schnellstens bekanntgeben sollte.

So bestanden denn seit dem Jahre 1902 drei physikalische Referatenblätter in deutscher Sprache, die „Fortschritte“ nebst dem „Halbmonatlichen Literaturverzeichnis“ und die „Beiblätter“, und alle drei haben trotz manchen Schwierigkeiten den Weltkrieg überdauert. Wohl wurden Stimmen laut, welche aus der Not der Zeit heraus die Einschränkung des dreifachen Luxus forderten, ohne aber dafür einen gangbaren Weg angeben zu können. Da erfolgte um die Mitte des Jahres 1919 die Gründung der Deutschen Gesellschaft für technische Physik und es wiederholte sich bei ihr derselbe Vorgang wie bei der Gründung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin, aus der im Jahre 1899 die Deutsche Physikalische Gesellschaft herausgewachsen war: Um auf dem eigenen Arbeitsgebiete erfolgreich weiterbauen zu können, bedurfte man eines Referatenorgans, welches alle Zweige der technischen Physik umfaßte. Die Industrie hatte für ein solches Unternehmen nicht unbeträchtliche Geldmittel zur Verfügung gestellt; man hätte vielleicht zu dem besonderen Zweck noch ein viertes physikalisches Referatenorgan schaffen können, aber die maßgebenden Persönlichkeiten glaubten zunächst noch einmal den Versuch machen zu sollen, die drei schon bestehenden Zeitschriften zu einer zu verschmelzen und den allseitigen Wünschen

entsprechend umzugestalten. Dieser Versuch gelang, und so entstand aus den drei vorhandenen ein neues Organ, die „Physikalischen Berichte“, deren erstes Heft am 1. Januar 1920 ausgegeben wurde.

Die „Physikalischen Berichte“ sollen die Vorzüge aller drei bisherigen Zeitschriften in sich vereinigen. Sie sollen die physikalische Weltliteratur restlos erfassen und sollen über sie möglichst schnell in halbmonatlich auszugebenden Heften berichten, sie sollen aber auch durch ein ausführliches Namen- und Sachregister am Schluß jeden Jahres ein bequemes Nachschlagen der Literatur ermöglichen. Die beiden ersten Forderungen dürften bei leichter zugänglichen Arbeiten, also namentlich bei denjenigen in heimischen Zeitschriften, in weitem Umfange erfüllt sein. Referate über solche Arbeiten erscheinen meist schon innerhalb 6 bis 8 Wochen, nachdem die betreffenden Zeitschriften der Redaktion zugänglich geworden sind. Schwieriger ist die Erfüllung der Aufgabe für Auslandszeitschriften, die nur in ganz wenigen Exemplaren im Inlande verbreitet sind. In solchen Fällen treten durch das Versenden der Zeitschriften noch vielfach unliebsame Verzögerungen auf, die sich erst mit der Besserung der Verhältnisse werden vermeiden lassen. — Die dritte Forderung dürfte bereits erfüllt sein. Dank der schon frühzeitig begonnenen Vorbereitungen konnte dem am 15. Dezember 1920 herausgegebenen 24. Text-Schlußheft des Jahrganges schon Ende Januar 1921 das etwa 200 Seiten starke (25.) Registerheft folgen, das außer dem Namenregister und einer Liste der regelmäßig bearbeiteten Zeitschriften (zurzeit über 200) ein reichgegliedertes Sachregister enthält. Das Sachregister umfaßt die folgenden sieben großen Abschnitte: 1. Allgemeines (5); 2. Allgemeine Grundlagen der Physik (5); 3. Mechanik (8); 4. Aufbau der Materie (3); 5. Elektrizität und Magnetismus (16); 6. Optik aller Wellenlängen (15); 7. Wärme (11), die wieder in viele Kapitel, deren Zahl jedesmal vorstehend in Klammern zugefügt ist, unterteilt sind. Sehr viele Arbeiten sind, obwohl sie selbstverständlich nur einmal referiert werden, an zwei und mehreren Stellen des Sachregisters aufgeführt, wenn ihr Inhalt zu mehreren dieser Kapitel in Beziehung steht.

Der Umfang des ersten Jahrganges 1920, der auch die rein physikalische Literatur des Jahres 1919 mit umfaßt, so daß sich die Physikalischen Berichte eng an die mit 1918 zu Ende gehenden „Fortschritte der Physik“ anschließen, war auf etwa 80 Druckbogen berechnet und, um weite Kreise für die neue Schöpfung zu interessieren, wurde der Preis außerordentlich billig mit nur 80 Mark jährlich angesetzt. Beides ließ sich nur dadurch in Einklang bringen, daß beide Gesellschaften beträchtliche Zuschüsse zu ihrem Unternehmen leisteten, wobei sie einerseits durch die Preußische Akademie der Wissenschaften und die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, andererseits durch Spenden der Industrie in hochherziger Weise unterstützt wurden. Tatsächlich ist der Umfang des ersten Jahrganges statt auf 80 auf 115 Bogen angewachsen und die Herstellungskosten sind im Laufe des Jahres 1920 in ungeahnter Weise gestiegen; dadurch ist aber auch das Defizit wesentlich höher geworden, als der Vorschlag voraussehen ließ, und die Spender müssen tiefer in ihre Taschen greifen, als es vielleicht ursprünglich geplant war. Auch im neuen Jahrgang werden sie reichlich Gelegenheit haben, ihre Opferfreudigkeit zu

betätigen. Denn wenn auch der Jahrgang 1920 noch durch die Berichterstattung für das Jahr 1919 außergewöhnlich belastet war, so wird der im neuen Jahrgang hieraus freiwerdende Raum dadurch wieder in Anspruch genommen werden, daß immer mehr ausländische Zeitschriften physikalischen und physikalisch-technischen Inhaltes zugänglich werden und neu zur Bearbeitung kommen.

Die Mitarbeiterliste (im Registerheft) umfaßt etwa 150 Namen aus dem deutschen Reich und Deutschland. Referiert wurde im abgelaufenen Jahr über 6000 Veröffentlichungen.

K. Scheel, Berlin-Dahlem.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über das Uhrenparadoxon in der Relativitätstheorie.

Unter obigem Titel ist kürzlich an dieser Stelle¹⁾ eine Kritik eines meiner Einwände gegen die Relativitätstheorie erschienen, in welcher der Verfasser, Herr *Thirring*, zum Ausdruck bringt, es wäre aussichtslos und nicht verlohrend, einem Gegner der Relativitätstheorie klar machen zu wollen, daß die Relativitätstheorie logisch einwandfrei sei. Nach dieser Erklärung scheint mir eine ausführliche Auseinandersetzung unfruchtbar zu sein. Nur ein sachlicher Punkt, der dem Kern der Frage am nächsten steht, sei ins rechte Licht gerückt:

Herr *Thirring* ist der Ansicht, daß in dem Uhrenparadoxon jede der beiden Uhren *A* und *B* gegenüber der andern nachgehen müsse (Seite 210). Genau das ist auch meine Auffassung. Weiter behauptet Herr *Thirring*, daß dies kein Widerspruch wäre. Demgegenüber bin ich der Meinung, daß hier sehr wohl ein logischer Widerspruch vorliegt. Ich habe ferner²⁾ auf die Rettung hingewiesen, die es aus der Scylla des logischen Widerspruchs gibt, nämlich auf die Charybdis des Solipsismus. Diesen letzteren lehnt aber Herr *Einstein* ab, z. B. in seinem Artikel im Berliner Tageblatt vom 27. August 1920: „Meine Antwort“. Anzeichen dafür, daß die Relativitätstheorie trotzdem die Entwicklung zum bewußten Solipsismus nehmen wird, sind aber vorhanden, so daß es möglicherweise in absehbarer Zeit über die Grundlage der Relativitätstheorie keine Meinungsverschiedenheiten mehr geben wird. Der logische Widerspruch bleibt also vorläufig bestehen, bis der Solipsismus, welcher den Relativismus überhaupt kennzeichnet, von der offiziellen, relativistischen Physik der Sache nach angenommen ist.

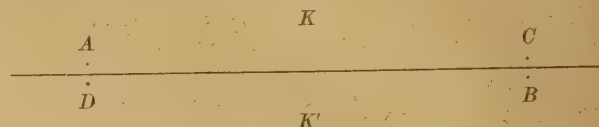
Berlin-Lichterfelde, den 15. April 1921.

E. Gehrcke.

Erwiderung hierzu.

Es besteht also eine Meinungsverschiedenheit über den Punkt, ob die Aussage: „jede der beiden Uhren *A* und *B* geht gegenüber der anderen nach“ einen logischen Widerspruch enthält oder nicht. Ich würde mich der Meinung Herrn *Gehrckes* anschließen, wenn es sich um Uhren handelte, die räumlich unmittelbar benachbart sind, denn dann käme die genannte Aussage tatsächlich in Konflikt mit dem logischen Satz

vom Widerspruch. Nun sind aber die in meinem Beispiel behandelten Uhren *A* und *B* weit voneinander getrennt und befinden sich in zwei gegeneinander bewegten Bezugssystemen, so daß die Vergleichung ihres Standes auf zwei verschiedenen Wegen vorgenommen werden kann, wie nochmals an Hand einer Figur ausdrücklich klargelegt werden soll.



1. Weg: Man vergleicht *B* mit jener Uhr *C* des Systems *K*, die in dem betreffenden Momente gerade passiert wird und die in bezug auf das System *K* synchron läuft mit *A*.

2. Weg: Man vergleicht *A* mit jener Uhr *D* des Systems *K'*, die in dem betreffenden Moment gerade passiert wird und die in bezug auf das System *K'* synchron läuft mit *B*.

Die Behauptung der speziellen Relativitätstheorie ist nun folgende: Ein Vergleich auf dem ersten Weg führt dazu, daß *B* gegenüber *A* nachgeht; ein Vergleich auf dem zweiten Weg führt dazu, daß *A* gegenüber *B* nachgeht. Darum sagte ich auch an der von Herrn *Gehrcke* angeführten Stelle meines Aufsatzes: „Jede Uhr geht in dem hier gekennzeichneten Sinne gegenüber der anderen nach.“ Und ich muß auch jetzt wieder hinzufügen: das ist kein Widerspruch, sondern zeigt bloß, daß der Begriff des „Synchronlaufens“ in *K* ein anderer ist als in *K'*. Dieses Resultat klingt ja allerdings fremdartig — hat aber mit Logik nichts zu tun.

Es sei noch der Unterschied zwischen wirklichen und scheinbaren Widersprüchen an einem Beispiel gekennzeichnet. Wir vergleichen die beiden Paare von Sätzen:

- a) Berlin hat mehr Einwohner als Spandau.
- a') Berlin hat weniger Einwohner als Spandau.
- b) Berlin liegt rechts von Spandau.
- b') Berlin liegt links von Spandau.

Rein formal genommen widersprechen einander die Sätze *b* und *b'* ebenso wie die Sätze *a* und *a'*. Trotzdem haben wir es aber bei *a* und *a'* mit einem wirklichen logischen Widerspruch zu tun, derart, daß unbedingt eine der beiden Behauptungen falsch sein muß, während *b* und *b'* einander nur scheinbar widersprechen, insofern es auf den Standpunkt des Beobachters ankommt, ob für ihn *b* oder *b'* richtig ist. Der von *Gehrcke* vermutete Widerspruch bezüglich der Uhren ist nun vom Typus *b b'*.

Man darf eben nicht vergessen, daß die Aussagen der Relativitätstheorie, wie „bewegte Maßstäbe verkürzen sich“ oder „bewegte Uhren gehen langsamer“ ja nur abgekürzte Redewendungen, gewissermaßen Schlagworte zur Charakterisierung des durch die Lorentz-Transformation gegebenen Sachverhaltes sind. Diese abgekürzte Redeweise ist historisch aus der Lorentzschen Kontraktionshypothese hervorgegangen und ist dann schon einmal beibehalten worden. — Nimmt man sie zu wörtlich, so mag sich ja in der Tat ein Vergleich mit dem Solipsismus aufdrängen. Geht man aber auf die genaue Interpretation der Lorentztransformation zurück, so wird man finden, daß gerade die relativistische Betrachtungsweise, die immer den Standpunkt des anderen Beobachters in gleicher

¹⁾ Diese Zeitschrift 1. April 1921, S. 209.

²⁾ Kantstudien Bd. 19, S. 481, 1914.

Weise gelten läßt, eher einen Gegensatz zum Solipsismus bedeutet.

Wien, den 30. April 1921.

H. Thirring.

Theoretische Bakteriologie.

Die Rahnschen Ausführungen zu diesem Thema in Heft 19 dieser Zeitschrift kann ich durchaus unterschreiben. Es sei gestattet, einiges Weitere für die Notwendigkeit anzuführen, der theoretischen Bakteriologie eine Forschungsstätte zu bereiten, so ungünstig die Zeit für solche Pläne zu sein scheint. Übrigens hat P. Lindner¹⁾ schon vor Jahren ausdrücklich auf diese Lücke hingewiesen.

Nachdem die wissenschaftliche Bakteriologie durch Ferdinand Cohn ihre Grundlage erhalten hatte, hat kein geringerer als Robert Koch dadurch, daß er mit seiner bedeutungsvollen Erstlingsarbeit über den Milzbrandbazillus zu jenem ging und ihre Aufnahme in Cohns „Beiträge zur Biologie der Pflanzen“ erwirkte, den inneren Zusammenhang zwischen Botanik und Bakteriologie betont. Seitdem aber sind die Wege der im Anfang verbundenen Schwesterdisziplinen auseinandergegangen, in einem Maße, daß ich als bakteriologisch geschulter Botaniker im Beginn meiner 4½-jährigen Kriegstätigkeit in der hygienischen Bakteriologie betroffen war über den Grad des Unterschiedes in der Entwicklung der Technik. Außerordentlich viel war da zu lernen von den schulmäßig ausgebildeten diagnostischen Hilfsmitteln der medizinischen Bakteriologie. Und ganz ähnlich ist es mit der Boden- und Gärungsbakteriologie. Alle diese Richtungen zusammen ergeben eine Summe von Erfahrungen und wissenschaftlichen Problemen, die heute kaum ein Einzelnr mehr übersieht. Auch ich glaube, daß der Botaniker resp. Pflanzenphysiologe nach geeigneter Schulung und Ergänzung seiner Kenntnisse auch heute noch die geeignetste Persönlichkeit zur Fortführung der theoretischen Bakteriologie ist. Nun haben wir außer dem von Rahn genannten Arthur Mayer eine ganze Anzahl von Bakteriologen unter den Botanikern. Es seien nur genannt: Benecke (Münster), Mische (Berlin), Lieske (Heidelberg); aber keiner von ihnen kann seine ganze Arbeitskraft der Bakteriologie widmen, schon deshalb nicht, weil ihre Lehrtätigkeit die Befassung mit den übrigen Gebieten der Botanik nötig macht, aber auch aus dem Grunde, weil die Bakteriologie im Kreise der Botaniker vielfach nicht als voll gerechnet wird.

Was die Aufgaben einer solchen Forschungsstätte anbelangt, so wären sie recht mannigfaltig, so sehr, daß es geraten sein würde, neben dem Botaniker auch dem Hygieniker, dem Gärungstechniker, dem Landwirt, dem Chemiker eine Stätte zu bereiten, so daß alle Hand in Hand arbeiten könnten. Am zweckmäßigsten wäre eine Gründung innerhalb des Rahmens der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Der Vorteil für viele Industrien wäre so groß, daß die Faserindustrie, das Gärungsgewerbe, die Konservindustrie, gewisse Zweige der chemischen Technologie, die Landwirtschaft und andere ein großes Interesse für die Entstehung eines solchen Institutes haben sollten.

¹⁾ P. Lindner, Über die Zweckmäßigkeit der Errichtung einer Zentralstelle für zymotechnische Biologie. Wochenschr. f. Brauerei, 25. Jahrg., 1908, und Denkschrift über die Bedeutung eines Forschungsinstitutes für Mikrobiologie in Verbindung mit einer Zentralstelle und Schausammlung für Mikrobekulturen.

Wir wissen heute z. B. über die Ernährungsphysiologie auch der bekanntesten, vielfach für wissenschaftliche Zwecke verwendeten Bakterien herzlich wenig. Ferner — und das ist ein wichtiger Punkt — fehlt uns in Deutschland eine möglichst vollständige Sammlung aller wohldefinierten und gut beschriebenen Arten, wie sie das Krälsche Museum in Wien darstellt, das leider neuerdings nicht mehr auf der Höhe zu sein scheint. Also ein Ort, von dem man Kulturen bekommen kann, die zuverlässig bestimmt sind und deren Eigenschaften genau bekannt sind und immer weiter erforscht werden. Ein Ort zudem, an den man neu isolierte Stämme von Bedeutung geben kann, damit sie weiter gezüchtet und an Interessenten abgegeben werden.

Rahn spricht mit Recht auch von dem Tiefstand der bakteriologischen Systematik. Die genannte Sammlung gäbe die beste Grundlage für die Schaffung eines solchen Systems, das sich auf möglichst viele Merkmale stützen muß. Es gilt systematisch zusammengehörige Gruppen aufzustellen, entsprechend den natürlichsten, leicht kenntlichen Pflanzenfamilien wie Gramineen, Compositen, Umbelliferen usw. Solche Gruppen sind z. B. die gramnegativen Kokken, die Vibrionen, die Coli-Typhus-Gruppe u. a. Sind diese nach allen Richtungen bekannt, so ist die Grundlage geschaffen. Die anderen Arten müssen sich dann daneben und zwischen ordnen lassen. Unsere bisherigen Bakteriensysteme sind zu künstlich, teils zu morphologisch, teils zu physiologisch. Dasselbe Merkmal, z. B. Sauerstoffbedürfnis, Gramfärbung, Sporenbildung, das in dem einen Falle systematisch unbrauchbar ist, kann in einem anderen Falle zur Stütze systematischer Verwandtschaft herangezogen werden. Genau so ist es aber auch bei den höheren Pflanzen. Auch hier sind neben der Blütenmorphologie nicht nur anatomische Merkmale, sondern auch physiologische wie Insektivorie, Schmarotzertum, Vorkommen bestimmter Substanzen wie ätherische Öle, Gerbstoffe, Calciumoxalat u. dgl. bezeichnend für gewisse Verwandtschaftsgruppen. Nur daß wir es bei den Bakterien mangels genügender morphologischer Merkmale viel nötiger haben, physiologische Eigenschaften mit heranzuziehen. Bei Berücksichtigung aller feststellbaren Besonderheiten wird man dann nicht eine systematische Einheit etwa der Purpurbakterien aufstellen, wie es geschehen ist. Das wäre, als wollte man bei den Phanerogamen alle Parasiten systematisch vereinigen.

Das sind so einige Gründe, die zeigen sollen, wie notwendig es ist, die Bakterien nicht nur so weit zu untersuchen, wie es für praktische Zwecke der Artunterscheidung und Züchtung nötig ist, sondern nach allen nur möglichen Richtungen. An Aufgaben wird es also einem Institut für theoretische Bakteriologie nicht fehlen. Und der Nutzen dieser Arbeit wird sich sehr bald bemerkbar machen.

Berlin-Dahlem, den 22. Mai 1921.

Ernst G. Pringsheim.

Astronomische Mitteilungen.

Das Problem der ruhenden Kalziumlinien. Es gibt eine Reihe von spektroskopischen Doppelsternen, bei denen sich neben den Wasserstoff-, Helium- und sonstigen Linien, deren periodisches Hin- und Herwandern zur Annahme einer Bahnbewegung und zu ihrer Be-

rechnung führt, die beiden Calciumlinien H und K finden, die die periodische Bewegung nicht oder in viel geringerem Maße mitmachen. In den meisten Fällen sind die Wasserstoff- und Heliumlinien breit und mehr oder weniger verwaschen (die zweite Komponente des Doppelsternsystems ist meistens auch im Spektrum unsichtbar), die ruhenden Kalziumlinien sind in jedem Falle schmal und scharf und nehmen schon dadurch eine besondere Stellung ein. Erstmals wurde die Erscheinung bei δ Orionis bemerkt (Hartmann), bei dem die aus den andern Linien bestimmte Radialgeschwindigkeit periodisch um 200 km schwankt, während H und K keinerlei Änderung zeigen. Die aus den über die Periode verteilten Beobachtungen abgeleitete Geschwindigkeit (Schwerpunktgeschwindigkeit) stimmt in vielen Fällen nicht mit der aus den Kalziumlinien sich ergebenden konstanten — oder wenn sie mit kleinerer Amplitude schwanken: mittleren — Radialgeschwindigkeit. Wegen dieser Bewegungsdifferenz glaubte man annehmen zu müssen, daß das absorbierende Calcium nicht der Atmosphäre des Sterns angehört, daß es vielmehr als ausgedehnte Wolke den einzelnen Stern oder eine Sterngruppe (wie die Plejaden) umgibt oder aber auch zwischen uns und dem Stern im Raume schwebt. Zugunsten der letzten Ansicht wurde gelegentlich angeführt, daß die Differenz (bei den damals bekannten Sternen) der Bewegung der Sonne gegen das Fixsternsystem entspricht; es liegt aber kein einleuchtender Grund dafür vor, daß eine Gaswolke, die offenbar nicht den ganzen Fixsternraum erfüllt, ruhen müßte. Andererseits ist versucht worden, das Calcium als äußerste Hülle der Sternatmosphäre anzusehen und die Verschiebung der Kalziumlinien gegen die mittlere Lage der anderen Linien, die bei den zuerst bekannt gewordenen 10 Fällen nach dem roten Ende des Spektrums gerichtet war, als die aus der Einsteinschen Gravitationstheorie folgende Rotverschiebung, die einem geringeren Gravitationspotential entspricht, zu deuten (Freundlich).

Young¹⁾ veröffentlicht jetzt eine Liste von 35 Sternen, bei denen Calciumlinien von besonderem Verhalten mit Sicherheit nachgewiesen sind. Von diesen 35 Sternen haben 3 das Spektrum B 5, 6 haben B 3, alle übrigen Oe 5 oder B 0 bis B 2. Es ist also kaum noch zu bezweifeln, daß das Auftreten der ruhenden Calciumlinien mit dem Spektraltypus verknüpft ist. Wenn man beachtet, daß die Sterne der Liste, die doch sicher noch nicht alle vorhandenen Fälle enthält, bereits die Hälfte der Sterne von früherem als B 2-Typus (innerhalb derselben Deklinations- und Helligkeitsgrenzen) ausmachen, so ist man versucht, die ruhenden Calciumlinien für ein charakteristisches Merkmal dieses engbegrenzten Entwicklungsstadiums zu halten. Die Grenze bei B 2 oder B 3 tritt schon deutlich genug hervor, die andere Grenze kann mit dem heutigen Material noch nicht festgelegt werden.

Die Annahme einer nicht zu dem Stern gehörigen Calciumwolke läßt sich mit diesem Sachverhalt wohl nicht vereinbaren. Warum im Raume vorhandene Gaswolken sich nur bei Sternen innerhalb eines kurzen Intervalls der Spektralreihe bemerkbar machen sollten, wäre nicht zu verstehen. Die Sterne späterer Untertypen der B-Klasse, die über denselben Teil des Himmels verstreut, aber zahlreicher sind, müßten im Gegensatz zur Wirklichkeit mehr Fälle von ruhenden Kalziumlinien stellen. Für den Fall eines Nebels, der

mit dem Stern im Zusammenhang steht, aber doch nicht als Atmosphäre angesehen werden kann, müßten die Plejaden mit ihren großen interstellaren Nebelmassen als Beispiel angeführt werden können, um so mehr, da sie größtenteils dem Typus B 5 angehören. Aber gerade bei den Plejaden ist bisher keine Andeutung schmäler, scharfer Kalziumlinien gefunden worden.

Das Calcium als äußere Schicht der Sternatmosphäre anzusehen, die beide Komponenten des Doppelsterns umgibt und mit den Komponenten rotiert, findet eine Schwierigkeit nur in dem bei so vielen Fällen auftretenden Bewegungsunterschied. Für die Freundliche Auffassung bietet das neue Material keine rechte Bestätigung, weil positive und negative Differenzen bei den neu hinzutretenden Sternen ziemlich gleichmäßig verteilt sind. Diese offensichtliche Lücke der Hypothese ist es wohl, die Young auf den Gedanken bringt, daß Abweichungen der Wellenlängen bei Emissionen, die unter verschiedenen Bedingungen stattfinden, den Unterschied verursachen. Die aus Linienverschiebungen bestimmte Radialgeschwindigkeit hängt ja von der Wellenlänge ab, die man für die benutzte Linie annimmt. Es ist zweifellos, daß entsprechende Linien bei verschiedenen Sternen sich individuell oder auch systematisch, dem Spektraltypus folgend, in der Wellenlänge unterscheiden. Auf denselben Sterne sind für die verschiedenen Linien, die in sehr verschiedenen Schichten zustande kommen, die Entstehungsbedingungen durchaus nicht dieselben, so daß es sehr wohl möglich ist und vielfach vorkommt, daß die aus verschiedenen Linien abgeleiteten Radialgeschwindigkeiten bis zu 20 km voneinander abweichen. Ob dieser Zweifel auf die Calciumlinien einerseits und die übrigen Linien andererseits angewandt werden kann, erscheint wenigstens in solchen Fällen fraglich, wo eine größere Zahl von Elementen im Spektrum vertreten ist; in vielen Spektren dieser frühen Typen kommen allerdings nur Wasserstoff und Helium mit diffusen Linien für die Messung in Betracht. Die Calciumlinien selbst, deren Aussehen für ihre Entstehung in Schichten geringen Druckes spricht, dürften den angenommenen Wellenlängen entsprechen; sie geben auch stets Radialgeschwindigkeiten in den für B-Sterne üblichen Grenzen.

Abgesehen von der noch ungeklärten Differenz der Radialgeschwindigkeiten scheint die Hypothese, daß die ruhenden Calciumlinien in der Sternatmosphäre ihren Ursprung haben, dem bisher bekannt gewordenen Beobachtungsmaterial am besten zu entsprechen. Offenbar ist neben anderen Bedingungen ein bestimmtes Temperaturgefälle, das nur in einem kurzen Abschnitt der Sternentwicklung erhalten bleibt, Voraussetzung für die Entstehung der scharfen Calciumlinien. Den Schlüssel zum weiteren Verständnis werden wohl besondere Fälle liefern, wie z. B. 12 Lacertae, wo die Calciumlinien die kurzperiodischen Bewegungen der anderen Linien nicht mitmachen, wohl aber eine langperiodische, die auf eine dritte Komponente schließen läßt, die von der Calciumatmosphäre nicht umschlossen wird. Interessant sind auch die Sterne, bei denen außer den scharfen ruhenden auch schwache breite H- und K-Linien vorhanden sind, die die Bewegung der übrigen Linien zeigen. Von großer Bedeutung ist, daß in einigen Sternen auch die Natriumlinien D_1 und D_2 mit denselben Eigenschaften aufgefunden worden sind (Miß Heger), und daß in dem interessanten System β Lyrae außer Calcium auch Wasserstoff und Helium mit ruhenden Linien vertreten sind (Baade). Kruse.

¹⁾ Publications of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria Vol. I, Nr. 17.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. 1920. (Stiftung Heinrich Lanz.)

17. Januar. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Vorsitzender: Herr Bütschli.

Es werden folgende wissenschaftliche Arbeiten für die Sitzungsberichte vorgelegt:

1. Von Herrn P. Lenard eine Arbeit des Herrn E. Gehroldt (Berlin): Der Aufbau der Atomkerne. Ein ausführliches Referat von Herrn P. Lenard über diese Arbeit wird s. Zt. im Jahressheft für 1919 erscheinen.

2. Von Herrn W. Deecke (Freiburg i. B.): Die Herkunft der west- und süddeutschen Sedimente. In diesem Aufsatz wird der Versuch gemacht, das Gesteinsmaterial der genannten Schichtenkomplexe, soweit es nicht rein chemische Ausscheidungen sind, aus älteren Festlandsmassen abzuleiten. Die badischen und elsässischen jungpaläozoischen Sedimente sind Trümmer des einheimischen karbonischen Gebirges. Mit dem Buntsandstein beginnt eine Zufuhr von Norden her aus dem kaledonischen Gebirge in unsere Gegend und die mächtigen Sandsteine werden als Umlagerung des nordeuropäischen Oldreds angesehen. Demgemäß wäre der Muschelkalk SW-Deutschlands der Schlick des abgetragenen kalkigen Obersilurs. Der Keuper entsteht als eine Salzwüstenbildung unter starker Beteiligung einheimischen Schuttes; aber mit dem Lias setzt wiederum eine durch Kreisströmungen beförderte Sedimentation aus dem Norden her ein, vielleicht aus Untersilur und Cambrium. Nach dem Malm beginnt die Umkehr. Die vorher nach Süden verfrachteten und dort abgelagerten Massen werden nun, wenn auch mit Unterbrechung, wieder nach Norden in das Nordseegebiet zurückbefördert, und zwar in vollkommenster Weise, seit sich das Rheinsystem ausgebildet hat. Die tertiären Schichten Südwest-Deutschlands bestehen je nach ihrer Örtlichkeit aus einheimischem oder alpinem Schutt. Ein späterer Aufsatz wird die Meeresströmungen jener Zeiten in den gleichen Gebieten darzustellen versuchen.

3. Th. Mollison (Breslau): Die Bedingungen zur Bildung von Knochenkämmen am Schädel der Primaten. Man hat aus dem Fehlen von Knochenkämmen bei gewissen anthropoiden Affen oder sogar von Neuweltaffen vielfach den Schluß auf besondere Menschenähnlichkeit gezogen. Verfasser weist nach, daß die Kambildung eine mathematisch ausdrückbare mechanische Funktion zweier gegensätzlich wirkender Faktoren sei: der relativen Gehirngröße und der Stärke der Kau- und Nackenmuskeln. Sie ist für die Bestimmung der weiteren oder näheren Verwandtschaft nicht brauchbar.

4. M. Weber (Amsterdam): Neue zoogeographische Probleme aus dem indoaustralischen Archipel. Die Schwierigkeiten der Annahme vulkanischer Senkungen und Hebungen des Meeresbodens werden durch die von Penck und Drygalski aufgestellten Berechnungen der Schmelzwassermassen behoben, welche auf die pleistocene Vereinigung folgten und den Seespiegel hoben. Durch die Überflutung mußte ein Teil des Mündungsgebiets der Flüsse submarin versenkt werden. Verfasser konnte an einem enormen Material von besonders geeigneten Spezies von Süßwasserfischen aus holländisch Indien feststellen, daß Flüsse, welche nach jener Hypothese zu dem gleichen Stromgebiet gehören, auch jetzt noch die gleichen Süßwasserfische beherbergen, daß dagegen Flüsse verschiedener Stromgebiete nie die gleichen Spezies aufweisen. Seine Untersuchungen bestätigen in glänzender Weise die auf der Penckschen Hypothese fußenden tiergeographischen Annahmen.

5. L. Drüner (Saarbrücken): Die Anwendung der Stereoskopie bei der Darstellung anatomischer und chirurgischer Objekte. Verfasser baut die stereoskopischen Methoden aus in dem Bewußtsein, daß die körperliche Vorstellung eines Gebiets unseres Organismus

die unentbehrliche Voraussetzung für alle Eingriffe ist.

6. H. Bluntschli (Frankfurt a. M.): Anatomie als pädagogische Aufgabe. Verfasser bespricht den anatomischen Unterricht für Mediziner im allgemeinen, die allgemeine Bildungsaufgabe der Anatomie und die spezielle anatomische Fachausbildung.

7. J. Broman (Lund): Über eine milchleistenähnliche Bildung am unteren Augenlid des menschlichen Embryos. Verfasser stellt an der Hand von Beobachtungen über eine von ihm entdeckte, epithel verklebte Hautfalte am Auge (Lidleiste) fest, daß innerhalb des Epithels schichtenweise Verschiebungen stattfinden, so daß stärker wachsende Körperpartien von dem Periderm weniger wachsender überzogen werden können. Da derartige Verschiebungen nicht an der Lidleiste halt machen, so liegt die Bedeutung der vorübergehenden Verklebung hier und in anderen Fällen vielleicht darin, daß Löcher und Kanäle während des Entwicklungslebens ohne Verklebung leicht durch Epithelverschiebungen deformiert werden könnten, während die epitheliale Verklebung ein sehr einfaches Schutzmittel dagegen ist.

8. J. Dräseke (Hamburg): Zur Kenntnis des Gehirns der Nagetiere. Es werden die Gehirne seltener Stachelschweine beschrieben und mit den Hirnbefunden bei anderen Nagern verglichen. Die Größen, Furchen usw. unterstützen die auf andere Systeme (Gebiß, Knochen, Integument) basierten Annahmen über die Stellung der Erd- und Baumstachelschweine zu einander und zu den übrigen Nagern.

9. W. v. Möllendorff (Freiburg i. B.): Über den Funktionsbeginn und Funktionsbestimmung in den Harnorganen von Kaulquappen. Das Zustandekommen granulärer Ausfärbung von Nierenzellen bei vitaler Färbung von Kaulquappen mit Trypanblau ist ein Beweis für Urinabsorption durch die betr. Zelle, die sonst nicht nachweisbar ist. Mit dieser Methode hat Verfasser die ausscheidenden Zellen bei der Vorniere und der Urniere bestimmt. Die alte Streitfrage, ob der Farbstoff unmittelbar aus dem Blut in die Zellen eintritt oder ob er zuerst vom Glomerulus ausgeschieden wird und vom Kanälcheninnern aus aufgenommen wird, ließ sich nicht einwandfrei entscheiden, denn die verwendeten Farbstoffmengen sind so gering, daß sie vor der Speicherung in den Zellen (nicht in den Plastosomen) unsichtbar sind. Da das Glomerulusepithel immer bereits abgeplattet ist, ehe Speicherung einsetzt, so ist jedenfalls die letztere der beiden Annahmen nicht durch die entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen des Verfassers widerlegt.

10. C. Elze (Heidelberg): Über Form und Bau des menschlichen Magens. Es werden die Beobachtungen an der Leiche, welche durch wichtige neue Funde an den Stützsubstanzen (Ligamenta ventriculi) vervollständigt wurden, in Beziehung gebracht zu den am Lebenden feststellbaren Formzuständen des Magens (Röntgenbefunde usw.). Die Form im ganzen und ihre Ursachen, die Einteilung in Abschnitte, speziell die sog. Magenstraße, erfahren auf diesem Wege kritische Bewertung und zum Teil neue Deutungen.

11. H. Petersen (Heidelberg): Studien über Stützsubstanzen und über die Herkunft der Knochenfibrillen. Wie sich die Fasern und die Kittsubstanz bei der Entstehung der eigentlichen Knochengrundsubstanz zueinander verhalten, wird am Parasphenoid, dem ersten überhaupt entstehenden Knochen der Amphibien, und an Beinknochen dieser Tiere gezeigt. Im Parasphenoid entstehen Fibrillen in einem Syncytium aus Osteoblasten, die sich alsdann zu einer Knochenplatte zusammensetzen. Endlich verkalkt das so gebildete Skelettstück. Es ist das ein dreiphasiger Typus; jedoch wird alles von dem gleichen Osteoblastensyncytium geliefert. Beim Röhrenknochen der Extremitäten spielen anscheinend kollagene Bindegewebefasern beim Entstehen des Knochens eine große Rolle. Sie reichen aus der Umgebung des Osteoblastensyncytiums in

großer Menge in die äußere Längsschicht hinein. Aber dort, wo die Epiphyse wie ein Pilzhut über die Diaphyse herüber gestülpt ist, fehlen alle anderen Elemente außer den „Osteoblasten“. Letztere sind also auch hier die eigentlichen Knochenbildner. Der Typus ist am Röhrenknochen zweiphasig. Es gibt also zwei Typen der Knochenbildung gerade so, wie es zwei Arten Knochengewebe gibt (Lamellenknochen und grobfaseriger Massenknochen).

12. O. Oertel (Cöln): *Über die Alveolarporen in den Säugetierlungen*. Verfasser hat die Lungenalveolen einer Fledermaus, welche nach F. E. Schulze besonders deutliche Alveolarporen aufweist, mittels des Wachstplattenverfahrens rekonstruiert. Die Poren verbinden nicht nur Alveolen des gleichen Alveolarganges, sondern auch Alveolen verschiedener Gänge, deren Verästelungen so ineinander gesteckt sind, daß die Alveolenböden der verschiedenen Gänge einander nahe benachbart liegen. Im Anschluß an diese sicheren Befunde bei dem sehr günstigen Objekt werden die in der Literatur niedergelegten Beobachtungen über Poren kritisch gesichtet und durch eigene Beobachtungen ergänzt.

13. V. Versluys (Hilversum): *Über die Phylogenie der Schläfengruben und Jochbogen bei den Reptilien*. Die verschiedenen Typen der Jochbogenbildung bei den Reptilien werden nach dem, besonders durch paläontologische Befunde bekanntgewordenen gesamten Material zusammengestellt und analysiert. Die vermutliche Ursache für die Bildung von Schläfengruben in dem ursprünglich geschlossenen Hautknochenpanzer ist die Notwendigkeit, die Muskelmassen für den Kauapparat unterzubringen. Die Beziehungen zwischen Nahrung, Kaumuskeln und Schädelform gestalten sich verschieden je nach der Lebensweise (Fleisch- oder Insektenfresser usw.). Die Kaugruben entstehen an verschiedenen Stellen des Schädels, aber immer da, wo bei dem betreffenden Typus die für seine Art der Ernährung und Lebensweise wichtigsten Individuen der Kaumuskulatur liegen. Stellen, wo mehrere Knochen des Hautpanzers zusammenstoßen, werden bei Lockerung des Verbandes und Eröffnung einer Kaugrube bevorzugt.

14. Osk. u. Céc. Vogt (Berlin): *Zur Kenntnis der pathologischen Veränderungen des Striatum und des Pallidum und zur Pathophysiologie der dabei auftretenden Krankheitserscheinungen*. Während Eninger noch 1911 schrieb, daß das Corpus striatum des Gehirns, ein mächtiger Hirnteil, welcher von den Fischen ab aufwärts bei keinem Wirbeltier fehlt, in bezug auf seine Funktionen und Symptome gänzlich unbekannt sei, bringt die Arbeit des Ehepaares Vogt eine reiche Fülle von normal anatomischen Feststellungen und von Beobachtungen über pathologische Veränderungen des Striatum (Nucleus caudatus und Putamen des Nucleus lentiformis) und des Pallidum (Globus pallidus des Nucleus lentiformis). Die motorischen Ausfallserscheinungen im Sinne von Kleist, Zingerle und Forster werden weiter verfolgt und die Symptomatologie der Pallidumerkrankungen, besonders ihre Pathophysiologie eingehend besprochen (Striatum- und Pallidumsyndrom). Die beiden Verfasser sehen im Striatum und Pallidum die Zentren für primäre Automatismen (unbewußtes Mienen- und Gestenspiel, automatische Mitbewegungen und Positionsänderungen, Abwehr- und Schutzreflexe höherer Art und Beteiligung an anderen höheren Automatismen der Sprache, des Schluckens, Gehens usw.). Von den Erkrankungen sind besonders interessant die wahrscheinlichen Beziehungen zu gewissen Formen der Hysterie.

15. H. Braus (Heidelberg): *Der Brustschulterapparat der Froschlurche*. An einem reichen, zum Teil von Fürbringer aus der Bleekerschen Sammlung in Amsterdam erworbenen Material von anuren Amphibien aus Indien wird die Form des Schultergürtels und die Lage seiner Bestandteile analysiert. Da sich die Systematik des Schultergürtels zur Diagnose der Arten bedient hat (Boulenger), so stand zum Vergleich ein großes Material

aus der Literatur zur Verfügung. Für eine kleine, wohl begrenzte und in sich einheitliche Gruppe, wie die froschartigen Amphibien es sind, lassen sich auf diesem Wege sicherer als sonst die Veränderungen Schritt für Schritt verfolgen, welche der Typus Schultergürtel durchläuft. Die Möglichkeit, mit analytischen Experimenten Punkte aufzuklären, welche durch die makro- und mikroskopische Beobachtung allein nicht zu erhellen sind, wird an bereits vorliegenden Experimenten des Verfassers und seiner Mitarbeiter erläutert und für noch anzustellende Experimente aufgezeigt.

8. Mai. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Vorsitzender: Herr A. Kossel.

Es wurden folgende wissenschaftliche Arbeiten für die Sitzungsberichte vorgelegt:

1. Durch Herrn Th. Curtius eine Abhandlung von Hartwig Franzen und Adolf Wagner (Karlsruhe): *Über das Vorkommen eines Gemisches ungesättigter Alkohole in vielen grünen Pflanzen*. Die Verfasser weisen nach, daß das Gemisch ungesättigter Alkohole, welches Curtius und Franzen in den grünen Blättern der Haibuche auffanden, in einer großen Reihe grüner Pflanzen ebenfalls aufgefunden wird und dieselben Eigenschaften zeigt. Man darf daher mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß das Gemisch dieser ungesättigten Alkohole ein normaler Bestandteil der grünen Blätter ist.

2. Durch Herrn Ph. Lenard eine Abhandlung von A. Becker: *Über die Emanationsentnahme aus Flüssigkeiten*. Die Abhandlung enthält eine eingehende quantitative Betrachtung der verschiedenen Möglichkeiten der Entnahme radioaktiver Emanation aus Flüssigkeiten. Sie gibt damit sowohl für die Messung als für die Verwertung der Emanation insbesondere zu medizinischen Zwecken in Emanatorien die bisher entbehrte theoretische Grundlage.

3. Von Herrn O. Perron eine Abhandlung *Zur Abwehr*. Hier handelt es sich um die Zurückweisung unberechtigter Angriffe, die kürzlich von dem Italiener Bortoletti in chauvinistischer Weise gegen deutsche wissenschaftliche Arbeit gerichtet worden sind. Insbesondere werden die von Siegm. Günther ans Licht gezogenen und von Bortoletti mit Unrecht bestrittenen Verdienste des Deutschen Dan. Schwenker um die Erfindung der Kettenbrüche neu beleuchtet.

6. November. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Vorsitzender: Herr A. Kossel.

Es wurden folgende wissenschaftliche Arbeiten vorgelegt:

1. Von Herrn G. Quincke: *Spaltung und Erwärmung von Metalldrähten und isolierenden Stäben durch elektrische Longitudinalschwingungen*. Bei der elektrischen Zerstäubung von Metalldrähten in freier Luft oder an der Oberfläche von Glasstreifen durch eine Leidener Batterie entstehen Spalten an den Knotenflächen elektrischer Longitudinalschwingungen in Metall und Glas. Die elektrischen Schwingungen erwärmen und schmelzen die Spaltwände, welche durch Oberflächenspannung geändert werden und die Form von Schaumwänden 1. und 2. Art annehmen.

2. Von Herrn Perron eine Arbeit von H. Liebmann (Heidelberg): *Katoptrische Abbildung, insbesondere Bildebnung*. Die Strahlen des von einem Punkt der Ebene ausgehenden Büschels umhüllen nach Reflexion an einer spiegelnden Kurve eine Kaustik, deren Spitzen als katoptrische Bilder bezeichnet werden können. Verfasser zeigt, wie man diese Bilder finden kann, ohne zuvor die Kaustik bestimmen zu müssen. Die Anwendung der aufgestellten Formeln führt dann auf eine Reihe geometrisch-optischer Beziehungen und dient vor allem zur Lösung der Aufgabe, die aus einem Spektroskop austretenden Strahlen so leiten, daß ein rechtes Bild des Spektrums entsteht, das möglichst genau in einer Ebene liegt.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 25. (Seite 487—502)

24. Juni 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Betrachtungen über Boeke's „Studien zur Nervenregeneration“, zugleich eine Kritik des Bell-Magendieschen Gesetzes. Von *C. Elze, Gießen*. S. 487.

Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt. Von *W. Schottky, Würzburg*. S. 492.

Besprechungen:

Gelb, A., und K. Goldstein, Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle. Von *K. Koffka, Gießen*. S. 496.

Siebeck, Richard, Die Beurteilung und Behandlung

der Nierenkranken. Von *v. Weizsäcker, Heidelberg*. S. 497.

Hoffmann, B., Führer durch unsere Vogelwelt. 2. Auflage. Von *Fritz Braun, Danzig-Langfuhr*. S. 498.

Ergebnisse der aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen. Von *L. Hopf, Aachen*. S. 498.

Planck, Max, Vorlesungen über Thermodynamik. 4. Auflage. Von *F. Reiche, Berlin*. S. 499.

Zuschriften an die Herausgeber:

Ueber die Polflucht der Kontinente. Von *Paul S. Epstein, Leiden*. (Mit 1 Abbildung.) S. 499.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Lunge-Berl **Taschenbuch für die** **anorganisch-chemische** **Großindustrie**

Herausgegeben

von

Dr. E. Berl

ord. Professor der Technischen Chemie und Elektrochemie
an der Technischen Hochschule zu Darmstadt

Sechste, umgearbeitete Auflage

Mit 16 Textfiguren und 1 Gasreduktionstafel

Gebunden Preis M. 64.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung:
20 30 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.
Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., chem. Fabrik Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Gross-Schmetterlinge der Erde

von Prof. Dr. Ad. Seitz. (225 II)

Die Palaearkten sind vollständig.

Bd. I Tagfalter kostet gebunden 168 M.

„ II Spinner u. Schwärme. „ 144 „

„ III Eulen „ 156 „

„ IV Spinner „ 132 „

Zur Erleichterung der Anschaffung liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an

HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang
Berlin

Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Quantentheorie

Ihr Ursprung und ihre Entwicklung

Von

Privatdozent Dr. **Fritz Reiche**

Mit 15 Textfiguren

Preis M. 34.—

Aus den Besprechungen:

Die bisher gewonnenen Ergebnisse der Quantentheorie sind bis auf die allerneuesten Untersuchungen vollständig berücksichtigt und die Darstellung ist so klar und verständlich, wie es nur irgend verlangt werden kann. Der Verfasser beginnt mit der Planck'schen Konzeption der Quantenhypothese auf Grund der Strahlungserscheinungen, dann folgt die Entwicklung des Quantenbegriffes in der Optik, seine Einführung in die Molekulartheorie fester Körper im Zusammenhang mit der Lehre von den Atomwärmen, dem Nernst'schen Theorem und den von Debye und Born entwickelten Ideen der Struktur fester Körper, weiterhin die Anwendung auf die Gastheorie, die Quantenlehre der Serienspektren und Bohrs Atommodell, die Quantentheorie der Röntgenspektren und endlich ein Abschnitt über Molekülmodelle. Ein umfangreicher Anhang mit Anmerkungen, in denen viele des Umfangs wegen aus dem Text weggelassene formale Ableitungen enthalten sind, schließt, nachdem verständigerweise noch auf die noch zu lösenden prinzipiellen Fragen hingewiesen worden ist, das Buch ab, das besonders zur Einführung in die Gesamtheit der Quantenlehre sehr zu empfehlen ist. *Zeitschrift für physikal. Chemie*, Bd. 97, Heft 4/6, 1921.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

24. Juni 1921.

Heft 25.

Betrachtungen über Boekes „Studien zur Nervenregeneration“, zugleich eine Kritik des Bell-Magendieschen Gesetzes.

Von C. Elze, Giessen.

I.

In den Jahren 1916 und 1917 hat der Utrechter Anatom Boeke¹⁾, wohlbekannt durch seine Untersuchungen über die motorischen Nervenendigungen und durch die Entdeckung der „accessorischen“ Innervation der Skelettmuskulatur aus dem Sympathicus, die Ergebnisse von Versuchen veröffentlicht, in denen es ihm gelungen ist, den zentralen Stumpf des durchschnittenen motorischen Hypoglossus mit dem peripheren Stumpfe des sensiblen Lingualis zur erfolgreichen anatomischen und funktionellen Verheilung zu bringen; und umgekehrt. Damit ist eine Frage endgültig in positivem Sinne beantwortet worden, welche seit fast 100 Jahren immer wieder Gegenstand der Forschung gewesen ist, die Frage: was geschieht, wenn man die durchschnittenen Enden nicht eines und desselben, sondern zweier verschiedener, vor allem funktionell verschiedener Nerven vereinigt, oder kurz die Frage der „heterogenen Regeneration“, wie Boeke den Vorgang nennt.

Die ersten Versuche in dieser Richtung sind von Flourens 1828 gemacht worden. Schwann hat als Erster nachgewiesen, daß bei Verheilung eines durchschnittenen gemischten, motorische und sensible Fasern enthaltenden Nerven die sensiblen Fasern des einen Stumpfes sich mit den sensiblen Fasern des andern verbinden und nicht mit den motorischen. Den Versuch, zwei funktionell verschiedene Nerven zu vereinigen, hat zuerst Bidder mit den Zungennerven Hypoglossus und Lingualis unternommen. Schiff und nach ihm manche anderen haben ihn wiederholt. Die Ergebnisse gerade dieser theoretisch wichtigsten Versuche sind immer negativ oder zweifelhaft gewesen, niemals wirklich eindeutig. Erst Boeke hat völlige Klarheit geschaffen. Aus seinen Mitteilungen geht zugleich hervor, daß die Mißerfolge seiner Vorgänger offenbar auf mangelhafter Technik beruht haben: auch ihm sind die Versuche nur gelungen bei einem streng aseptischen Verfahren, das jegliches nicht unumgänglich notwendige Berühren der Nerven, vor allem die Naht, vermeidet, und bei sorgsamster

Behandlung und Pflege der Versuchstiere; als welche er Igel benutzt, die sich ihm am günstigsten erwiesen haben.

Wird ein Nerv durchschnitten, so gehen in dem peripheren Stumpfe die von ihren Zellen abgetrennten Neuriten mit den Markscheiden zugrunde (Wallerisches Gesetz). Die Schwannschen Scheiden werden in einem Wucherungsprozesse zu plasmatischen Strängen umgebildet, den Buengnerschen Bändern. Der Degeneration fallen auch die Endorgane anheim, die Schmeckbecher der Zungenschleimhaut, die motorischen Endplatten der quergestreiften Muskelfasern und, wie Boeke gezeigt hat, auch das von ihm entdeckte „periterminale Netzwerk“, das sich an die Neurofibrillenschlingen der motorischen Endplatte unmittelbar anschließt, weder nach der Seite des Nerven, noch nach der des Protoplasmas der Sohlenplatte abgrenzbar ist und von ihm mit Vorbehalt als anatomische Grundlage der „intermediären Substanz“ angesprochen wird.

Bei der Regeneration wachsen die Neuriten durch die bindegewebige Narbe hindurch, gelangen, stets im Protoplasma der Buengnerschen Bänder oder des Bindegewebes gelegen, in die leeren Sohlenplatten und bilden hier neue typische Endplatten mit periterminalem Netzwerk aus. Dabei wird durch vielfache Teilung der Neuriten eine erheblich größere Zahl von vorwachsenden Nervenfasern und von Endplatten gebildet als ursprünglich vorhanden war, die nachträglich bis zur Normalzahl rückgebildet werden. Diese Hyperregeneration wird man biologisch als eine Sicherung dafür betrachten müssen, daß auch bei Störungen der Regeneration, etwa durch sehr großen Abstand der beiden Nervenstümpfe oder durch eine sehr derbe Narbe, doch noch eine möglichst große Zahl von Nervenfasern an das Endorgan gelangt und eine möglichst vollkommene Heilung erzielt wird. — So. erklärt es sich, daß bei ganz ungünstigen Regenerationsbedingungen noch nach Jahren eine Anzahl Nervenfasern die gelähmten Muskeln erreichen kann. Ich habe einen Fall beobachtet, wo erst 2½ Jahre nach der operativen Wiedervereinigung der Stümpfe eines durch Granatsplitter zertrümmerten Nervus radialis die ersten Kontraktionen in einigen der gelähmten Muskeln aufgetreten sind. —

Durch seine frühere Untersuchung der Regenerationerscheinungen im Endgebiet des durchschnittenen und wiedervereinigten Nervus hypoglossus hat Boeke den Nachweis geführt,

¹⁾ Studien zur Nervenregeneration I., Verhand. Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam, 2. Sect., Deel XVIII, 1916. — II. Ebenda, Deel XIX, 1917.

daß eine vollkommene anatomische Heilung erfolgt. Dieses Ergebnis der Untersuchungen über „homogene Regeneration“ bildet zugleich die Grundlage für seine Studien über die „heterogene Regeneration“.

Wird der zentrale Stumpf des Hypoglossus mit dem peripheren des Lingualis vereinigt, so wachsen die regenerierenden motorischen Hypoglossusfasern in allen Ästen des sensiblen Lingualis vorwärts, dringen in das Epithel ein und bilden Endigungen vom Typus der sensiblen Fasern, führen auch, was besonders bemerkenswert ist, die Wiederbildung von degenerierten Schmeckbechern herbei. *Boeke* schreibt allerdings, daß er den Eindruck habe, daß diese Ausbildung der Endigungen, vor allem das Eindringen in das Epithel, offenbar nicht so leicht von statten ginge wie bei homogener Regeneration. Aber die Erscheinungen bei der homogenen Regeneration des Lingualis hat er nicht untersucht, und so fehlt in dieser Hinsicht die genaue Kontrolle. Trotzdem scheint so viel sicher zu sein, daß die Hypoglossusfasern in größerer Zahl Endigungen bilden, welche von dem Typus der Lingualisendigungen etwas abweichen. Und wo sie irgendwie an eine Muskelfaser gelangen, bilden sie an Ort und Stelle eine motorische Endplatte, auch wenn dort nicht gerade eine leere Sohlenplatte liegt.

Wird umgekehrt der zentrale Stumpf des Lingualis mit dem peripheren des Hypoglossus vereinigt, so dringen auch hier die regenerierenden Fasern in die fremde Bahn ein bis zu den Endorganen, und die sensiblen Lingualisfasern bilden motorische Endplatten mit einem periternalen Netzwerk, die sich gar nicht oder nur wenig von den typischen Hypoglossusendigungen unterscheiden.

Soweit in Kürze das Ergebnis von *Boekes* außerordentlich mühevollen und genauen Untersuchungen, welche in erster Linie das Ziel gehabt haben, die bisher unbekannten Vorgänge im Endgebiet regenerierender Nerven zu erforschen, worüber nun sogleich völlige Klarheit erzielt ist. Die zahlreichen histologischen Einzelheiten, besonders die vielen Bilder, können hier nicht wiedergegeben werden.

Von allgemeinerer Bedeutung ist die nunmehr endgültige Widerlegung der „Kettentheorie“, nach welcher bei der Regeneration wie bei der ersten Entwicklung die Nervenfasern, vor allem die Neurofibrillen, in der vorhandenen plasmatischen Bahn *in loco entstehen* sollen. Demgegenüber kann jetzt als gesicherter Tatsachenbesitz der Inhalt der „Ausläufertheorie“ betrachtet werden: die Nervenfasern und ihre Neurofibrillen *wachsen* bei Entwicklung und Regeneration *von den Nervenzellen aus* peripherwärts vor. — Dies geschieht stets in plasmatischen Leitbahnen — wie auch die Nervenendigungen stets *intraplasmatisch* liegen. —, beim Embryo in den Plasmodemesmen des embryonalen

Bindegewebes, bei der Regeneration in den Buengnerschen Bändern oder in plasmatischen Anteilen des Bindegewebes. In letzteren wachsen die regenerierenden Nervenfasern allerdings sehr viel langsamer vorwärts als in den Buengnerschen Bändern. Aber auch in diesen atypischen Bahnen gelangen sie schließlich, wie *Boeke* gezeigt hat, zu den Endorganen. Für den Regenerationsprozeß ist an sich das Eindringen in die zu einem plasmatischen Leitgewebe umgewandelten Schwannschen Scheiden des peripheren Stumpfes, eben die Buengnerschen Bänder, das Typische. Sind die vorwachsenden Fasern einmal in diese Bahnen eingetreten, so verlassen sie sie nicht wieder, sondern folgen ihnen bis zum Endorgan. Gelingt es also mit einer peinlich sorgfältigen Technik, die Lingualisfasern in die plasmatischen Bahnen des peripheren Hypoglossus hineinzuleiten, so müssen sie weiterhin dieser Bahn folgen. Gerade dieses Eintreten in die fremde Bahn erfolgt aber offenbar viel weniger leicht als in die zugehörige. Aus welchen Gründen, ist völlig unbekannt. Für die natürliche Wundheilung ergibt sich aus diesem Verhalten *die biologisch wichtige Folge*, daß bei der Heilung eines gemischten Nerven die motorischen Fasern in die motorischen Bahnen des peripheren Teiles eindringen und die sensiblen in die sensiblen. Dabei ist nicht nötig, daß jede einzelne motorische oder sensible Faser gerade die ihr ursprünglich zugehörige Bahn wiederfindet, die vor der Unterbrechung ihre Fortsetzung bildete. Denn die zentralen Verbindungen können entsprechend umlernen. Kämen aber motorische Fasern mit sensiblen zur Vereinigung und umgekehrt, so würde dies zwar, wie *Boekes* Untersuchungen gezeigt haben, zu einer anatomischen, aber, wegen der gegensätzlichen Verbindungen im Zentralorgan, niemals zu einer funktionellen Heilung führen.

In den Neuronen scheint also irgendein Etwas zu stecken, das die motorischen und sensiblen voneinander verschieden macht, die motorischen nur schwer in die Bahnen degenerierter sensibler Fasern eindringen läßt und umgekehrt. Diese Verschiedenheit kann aber nur wirksam werden bei entsprechender Verschiedenheit der Buengnerschen Bänder des peripheren Stumpfes, wie sich denn auch beim Durchwachsen des indifferenten plasmatischen Gewebes einer frischen, die beiden Stümpfe verbindenden Narbe kein Unterschied zwischen beiden Faserarten zeigt. Es ist wenigstens meines Wissens nichts darüber bekannt, daß die eine Faserart etwa schneller vorwüchse als die andere. — Ergibt sich also eine irgendwie geartete Verschiedenheit der — sit venia verbo! — motorischen und sensiblen Buengnerschen Bänder mit entsprechendem Einfluß auf die regenerierenden Nervenfasern als logisches Postulat, so ist die verschiedene Einwirkung der Endorgane auf die Nervenfasern durch *Boekes* Untersuchungen empirisch außer Zweifel gestellt. Wie könnten

sonst die sensiblen Fasern des Lingualis motorische Endplatten bilden? Boeke drückt das etwa so aus: der Habitus der Endverästelung der regenerierenden Nervenfasern wird durch die Umgebung, das Milieu, bestimmt; die Nervenfasern selbst verhält sich ziemlich passiv dabei, doch ist eine bestimmte Eigenart der Nervenfasern in vielen Fällen nicht zu leugnen. — Dieses Letztere insofern nicht, als in der Tat die bei heterogener Regeneration von sensiblen Fasern gebildeten motorischen Endplatten ebenso wie die sensiblen Endigungen motorischer Fasern nicht immer ganz dem normalen Typus entsprechen.

Es ergibt sich also der Schluß, daß sowohl die Neuronen irgendwie verschieden sein müssen, wie daß die Buengnerschen Bänder und besonders die Endorgane die vorwachsenden Nervenfasern beeinflussen²⁾. — Aus den Erscheinungen bei der homogenen Regeneration hatte Boeke den Schluß gezogen, daß das Neuron mit dem Endorgan eine harmonische Einheit bildet, nach deren Zerstörung infolge Durchtrennung des Nerven bei der Regeneration alle zugehörigen Gewebelemente, die Nervenfasern mit ihren Scheiden, das Bindegewebe und die Muskelfasern harmonisch zusammenarbeiten, um die Einheit wieder herzustellen. Die nähere Analyse dieser Einheit kann nur durch weitere Experimente geleistet werden, die auch auf embryonale Stadien zurückzugreifen hätte. Das Arbeiten mit Begriffen wie „Neurotropismus“ für eine gedachte, auf die Nervenfasern anziehend wirkende Kraft, und „Neurocladismus“ für eine die Endaufzweigung hervorrufende, halte ich für verfehlt: Opium somnum facit, quia inest ei vis dormiendi! Sie täuschen Kenntnis vor, wo völlige Unkenntnis herrscht: letzten Endes gehört die Nervenregeneration in das Gebiet der Regulationen, das zwar begrifflich ganz gut durchgearbeitet, seinem tiefsten Wesen nach aber völlig unerklärt ist.

II.

Bei den Versuchen zur heterogenen Regeneration erhebt sich eine Grundfrage, mit deren Beantwortung alles Weitere steht und fällt: gibt es überhaupt rein motorische und rein sensible Nerven? Wenn der Lingualis nicht ausschließlich sensible Fasern führt, sondern auch motorische, dann könnte die heterogene Regeneration nach der Vereinigung mit dem peripheren Stumpfe des Hypoglossus ein Trug und in Wahrheit homogene Regeneration sein, und alle Schlußfolgerungen würden hinfallen.

Nun führt in der Tat der Lingualis moto-

rische Fasern, die ihm durch die Chorda tympani aus dem Facialis zugeführt werden. Aber Boeke hat bei der Durchschneidung des Lingualis die Chordafasern unberührt lassen und somit von dem Regenerationsprozeß ausschließen können, da beim Igel die Chorda sich erst am Kieferwinkel mit dem Lingualis untrennbar verbindet, so daß dessen Durchschneiden zentral von der Vereinigungsstelle ohne Verletzung der Chorda möglich ist.

Schwieriger ist die Frage zu beantworten, ob der Hypoglossus ein rein motorischer oder ein gemischter Nerv ist. Vorweg sei gesagt, daß Boeke aus rein technischen Gründen bei keinem seiner Experimente völlig hat verhindern können, daß vielleicht bei der Vereinigung Lingualis \times Hypoglossus einige vereinzelte motorische, bei der Vereinigung Hypoglossus \times Lingualis sensible Fasern in den peripheren Stumpf gelangt sind. Er weist aber überzeugend nach, daß diese wenigen Fasern vernachlässigt werden können, und daß tatsächlich echte heterogene Regeneration zustandekommt. Er hat jedoch der Frage, ob der Hypoglossus rein motorischer Natur sei, eine besondere Untersuchung gewidmet, in welche er auch die Augenmuskelnerven einbezogen hat, welche für gewöhnlich mit dem Hypoglossus als die rein motorischen Nerven *καὶ ἑξοχῇ* betrachtet worden sind.

Schon Johannes Mueller³⁾ schreibt wie mancher seiner Zeitgenossen den Augenmuskelnerven sensible Fasern für das Spannungsgefühl in den Muskeln zu, sagt aber, es müsse „unentschieden bleiben, woher diese Nerven diejenigen Fasern haben, wodurch sie zugleich empfindlich sind“. Viele Jahrzehnte später hat Sherrington⁴⁾, veranlaßt durch die Ergebnisse von Reflexexperimenten, die Frage der afferenten Fasern in den Augenmuskelnerven mit Durchschneidungsversuchen geprüft und festgestellt, daß in der Tat diese Nerven von Anfang an solche Fasern führen. Denn durchschneidet man etwa den Trochlearis an seiner Austrittsstelle aus dem Hirnstamme, so degenerieren außer allen motorischen Endplatten auch alle sensiblen Endigungen am Muskel und seiner Sehne. Boeke hat dieses Ergebnis vollkommen bestätigen und noch dahin erweitern können, daß sich außer den nun schon bekannten efferenten und afferenten noch eine weitere Art efferenter Fasern in den Augenmuskelnerven findet, welche marklos ist und wie die marklosen Fasern des Sympathicus erst nach zwei bis drei Wochen degeneriert. Er sieht in ihnen die autonomen Fasern, welche von den Pharmakologen⁵⁾ auf Grund ihrer Physostigminversuche postuliert worden sind. Darnach führen also die Augenmuskelnerven drei Arten von Fasern: afferente,

²⁾ Zu dem grundsätzlich gleichen Ergebnisse führen die Resultate experimentell-entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen. Siehe H. Braus, Die Entstehung der Nervenbahnen, Verh. d. Ges. deutscher Naturf. u. Ärzte 1911, I.

³⁾ Handb. d. Physiol., 1. Band, 4. Aufl., 1844, S. 571.

⁴⁾ Tozer and Sherrington, Folia neurobiol. 4, 1911.

⁵⁾ Meyer-Gottlieb, Experiment. Pharmakol., 3. Aufl., S. 406 und 147.

muskulomotorische und autonome, denen sich im peripheren Verlaufe noch sympathische und eventuell sensible (durch Anastomosen mit dem Trigemini) hinzugesellen. Die scheinbar einfach motorischen Augenmuskelnerven zeigen also in Wirklichkeit einen nichts weniger als einfachen Fasergehalt.

Für den Hypoglossus haben Boekes Versuche kein so einwandfreies Ergebnis gebracht, da er ihn nicht am Austritt aus dem verlängerten Marke durchschnitten hat. Es hat sich zwar als sicher gezeigt, daß nach seiner Durchschneidung in der Nähe des Kieferwinkels ein großer Teil der sensiblen Nervenendigungen im Bindegewebe zwischen den Muskelfasern der Zunge degeneriert — der andere Teil stammt vom Lingualis —, aber man könnte einwenden, daß diese sensiblen Fasern dem Hypoglossus durch eine Anastomose aus dem Vagus zugeführt würden. Aus entwicklungsgeschichtlichen und vergleichend anatomischen Gründen sowie nach den klinischen Beobachtungen scheint mir dies nicht wahrscheinlich. Ich möchte deshalb annehmen, daß der Hypoglossus ebenso wie die Augenmuskelnerven eigene afferente Fasern enthält. Der Hypoglossus, als ein typischer spino-occipitaler Nerv, entspricht den Spinalnerven, wenn auch nur vorderen Wurzeln, denn er weist beim Embryo typische hintere Wurzeln mit Ganglien auf, die aber beim Menschen noch während des Embryonallebens wieder zugrunde gehen, bei einigen Säugetierformen regelmäßig, beim Menschen nur ganz ausnahmsweise zeitlebens erhalten bleiben.

Daß die vorderen Wurzeln der Spinalnerven afferente Fasern führen, ist nach neueren Beobachtungen am Menschen⁶⁾ höchstwahrscheinlich, wenn nicht sicher. Aus funktionellen Gründen sind sie schon in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts gefordert worden. Die Beobachtung von Kuehne⁷⁾, daß bei der Eidechse nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln außer den motorischen Endplatten auch die sensiblen Endigungen an den Muskelspindeln degenerieren, ist zwar nicht wieder geprüft worden, kann aber füglich nicht angezweifelt werden. Muß man also in den vorderen Wurzeln der Spinalnerven afferente Fasern annehmen, so auch für den ihnen gleichartigen Hypoglossus, was mit Boekes Ergebnissen völlig übereinstimmt.

Führen aber der Hypoglossus und die vorderen Wurzeln der Spinalnerven außer motorischen auch sensible Fasern, so bedeutet das einen Widerspruch gegen das Bell-Magendiesche Gesetz, welches besagt, daß die vorderen Wurzeln nur motorische, die hinteren nur sensible Fasern enthalten.

Schon seit geraumer Zeit ist eine Reihe von Tatsachen bekannt, welche diesem Gesetze zuwiderlaufen⁸⁾. — Von Bell 1811 in den Grundzügen erkannt, von Magendie durch neue Versuche erweitert, hat es seine endgültige Fassung hauptsächlich durch Johannes Mueller auf Grund seiner Versuche an Fröschen erhalten. Joh. Wilh. Arnold, praktischer Arzt in Heidelberg, Bruder des berühmten Anatomen Friedr. Arnold, hat 1844 in einer kleinen Schrift⁹⁾ alle damals vorliegenden Beobachtungen kritisch analysiert und durch eigene Versuche vermehrt mit dem Ergebnis, daß die Bellsche Unterscheidung in sensible und motorische Wurzeln unrichtig sei. Er zeigt, daß der Irrtum des Bellschen Satzes hauptsächlich auf zwei Fehlschlüsse zurückzuführen ist: 1. haben Bell und alle seine Anhänger für den aus ihren Experimenten gewonnenen Begriff des Muskelnerven den einseitigen Begriff des Bewegungsnerven gesetzt und darnach dem Bewegungsnerven die Empfindungsnerven gegenübergestellt; 2. haben sie nur die Hautsensibilität geprüft, alle übrigen Empfindungsarten, wie den Muskelsinn, gänzlich außer Betracht gelassen, und als Empfindungsnerven nur diejenigen angesprochen, bei deren Reizung die Versuchstiere mit Schmerzäußerungen antworten. („Man kneift, zwick, ätzt und brennt, als gäbe es keinerlei Empfindlichkeit außer der Tastsensibilität“ sagt ein anonymer Gegner Bells 1842¹⁰⁾.) Da als Träger der Bewegungsnerven die vorderen Wurzeln erkannt worden waren, haben sich von selbst die hinteren Wurzeln als Träger der Empfindungsnerven ergeben. Arnold hingegen kommt zu dem Schlusse: die vorderen Wurzeln „stehen nicht bloß zur Bewegung der Muskeln in Beziehung, sind nicht einseitige Bewegungsnerven, sondern setzen auch die Zentralorgane des Nervensystems in Kenntnis von ihrem Zustande, sind Muskelnerven in beiderseitiger Hinsicht“. Er berichtigt auf Grund von Experimenten und klinischen Erfahrungen den Bellschen Satz dahin: „die vorderen Nervenwurzeln gehören den Muskeln und die hinteren der Haut an“, und unterscheidet nicht Bewegungs- und Empfindungsnerven, sondern Muskel- und Hautnerven. Auch für den Hypoglossus und die Augenmuskelnerven kommt er zu dem Ergebnis, daß sie Muskelnerven seien, also auch afferente Fasern enthielten. Aber so folgerichtig er in seinen Ausführungen ist, gegen die Autorität Johannes Muellers ist er so wenig wie einige Andere aufgekommen, obwohl er auch diesem den gleichen Irrtum in der Deutung seiner Versuche nachweist wie den übrigen Verfechtern des Bellschen Satzes. Er läßt es sich freilich entgehen,

⁶⁾ Lehmann, Walter, Berl. klin. Woch. 1920, S. 1218. — Die ausführliche Veröffentlichung ist während der Drucklegung erschienen in: Ztschr. f. d. ges. experim. Med., 12, 1921.

⁷⁾ Mitgeteilt von Mays, Zeitschr. f. Biologie 20, 1884, S. 516.

⁸⁾ Zusammengestellt von Sherrington in Schäfers Textbook of Physiol. Vol. 2, S. 789.

⁹⁾ Über die Verriethung der Wurzeln der Rückenmarksnerven, Heidelberg 1844.

¹⁰⁾ Versuch einer kritischen Beleuchtung der Lex Belliana, Archiv für physiol. Heilkunde, hrsg. von Roser und Wunderlich, 1, 1842.

ihn durch Hinweis auf die schon erwähnten Ausführungen über die Augenmuskelnerven mit eigenen Waffen zu schlagen und des Mangels an Folgerichtigkeit zu überführen. Jedenfalls sind seine Einwände ohne Erfolg geblieben und sehr bald als wenig erheblich in den Strom der Vergessenheit gesenkt worden¹¹⁾. Durch *Johannes Muellers* Autorität gestützt ist hingegen das Bell-Magendiesche Gesetz zum Dogma erhoben worden. Und es ist lehrreich, zu verfolgen, wie bis in die jüngste Zeit hinein dieses Dogma die Auffassungen vom peripheren Nervensystem immer wieder bestimmt hat, wie alle Tatsachen immer nur in seinem Lichte betrachtet und ihm untergeordnet worden sind. Noch heute sagt die Lehrbuchmeinung in der Physiologie, daß die vorderen Wurzeln motorisch, die hinteren sensibel seien, und in der Anatomie, daß ein Nerv, der kein Ganglion besitzt, nur motorische Fasern enthalte. Hat aber der emphatische anonyme Gegner der Bellschen Lehre so sehr unrecht gehabt mit seiner Frage, ob es „etwas Zufälligeres, Äußerlicheres gäbe als vorn und hinten“, und mit seiner Behauptung, *Bells* Lehre habe „etwas überall Unwesentliches zum Wesentlichen, zum Gesetz gemacht“¹²⁾? In der Tat läßt sich zwischen vorn und motorisch so wenig wie zwischen hinten und sensibel ein kausaler Zusammenhang finden. Und wenn man schon den Bellschen Satz von den Rückenmarksnerven auf die Gehirnnerven anzuwenden versucht hat, so hätte man folgerichtig sein und den Vagus nach der Lage seiner Austrittsstelle aus dem verlängerten Marke als sensible Wurzel des Hypoglossus ansprechen müssen. So paradox dies klingt, es enthüllt den durch das Dogma bedingten Irrtum, der in den Versuchen steckt zu ergründen, wieso es mit dem dorsalen Ursprunge vereinbar ist, daß der Vagus motorische Fasern enthält.

Noch Weiteres fordert das Dogma. Alle afferenten Fasern gehen durch die hinteren Wurzeln und haben ihre Zellen in den Spinalganglien. Nur die Zelle vom pseudo-unipolaren Typus der Spinalganglienzelle charakterisiert also das sensible Neuron. Daher sind afferente Fasern im Bereiche des vegetativen Nervensystems anatomisch nicht nachweisbar, obwohl die physiologische Beobachtung sie fordert, denn es fehlen die „sensiblen“ Zellen! Daher führen die Augenmuskelnerven nur motorische Fasern, denn sie haben weder Ganglien noch „sensible“ Zellen in den Ursprungskernen! So die im Banne des Dogmas befangene Meinung! Aber es ist doch mindestens die Möglichkeit nicht zu leugnen, daß auch die Zellen afferenter, sensibler Neuronen der peripheren Bahn multipolaren Typus zeigen, wie es vom Zentralorgan doch als Regel bekannt ist. Nach *Sherringtons* und *Boekes* Befunden an den Augenmuskelnerven kann es gar nicht anders sein!

¹¹⁾ Durch A. W. Volkmann im Artikel „Nervenphysiologie“ in R. Wagners Handwörterbuch der Physiologie Bd. 2, 1844.

Es kommt noch ein Weiteres hinzu: das doppelsinnige Leitungsvermögen der Nervenfasern. Ist es sicher, daß afferente Bahnen vorhanden sind, wo Spinalganglienzellen fehlen, so ist damit noch nicht ohne weiteres gesagt, daß nun z. B. im vegetativen Nervensystem wirklich anatomisch gesonderte afferente Neuronen vorhanden sein müssen, wenn auch nicht mit dem Typus von Spinalganglienzellen. Sie können vorhanden sein — und es muß weiter nach ihnen geforscht werden —, aber sie müssen nicht. Denn die Nervenfaser vermag in doppeltem Sinne zu leiten, wie schon vor langer Zeit von *Kuehne*¹²⁾ nachgewiesen worden ist. Sein Zweizipfelversuch, vor allem am *Musc. gracilis* des Frosches, besonders nach der Bestätigung durch *Babuchins* Untersuchungen am elektrischen Organ des Zitterwelses, hätte durchaus als überzeugend gelten dürfen. Immerhin sind zwei Einwände möglich: Erstens das doppelsinnige Leitungsvermögen ist mit dem Bell-Magendieschen Gesetz nicht recht vereinbar, zweitens der elektrische Strom, mit dem gereizt wird, ist dem natürlichen Erregungsvorgang nicht wesensgleich, er muß sich nach physikalischen Gesetzen in einem Leiter — und die Nervenfaser ist ein solcher — von einem mittleren Punkte aus nach beiden Richtungen fortpflanzen, was also nichts dafür beweist, daß der andersartige natürliche Erregungsvorgang ebenfalls in beiden Richtungen geleitet werden kann oder muß. Dazu kommt die Frage der Interferenz, die schon *Kuehne* gestellt hat, und die bis heute nicht einwandfrei beantwortet ist, auch nicht für zwei elektrische Ströme, welche gleichzeitig durch den Nerven geschickt werden. — Wichtige Ergänzungen des Kuehneschen Zweizipfelversuches haben Untersuchungen von *Langley* und *Anderson*¹³⁾ gebracht: wird der zentrale Stumpf eines Nervenstammes der Extremität mit den peripheren Stümpfen zweier Muskeläste zur Verheilung und Regeneration gebracht, so zucken nach Durchschneidung des Hauptstammes zentral von der Narbe bei Reizung des einen Muskelastes auch die von dem anderen versorgten Muskeln. Auch *Langleys* „Axonreflex“ im Bereiche des sympathischen Nervensystems kann nur wie der Zweizipfelversuch erklärt werden. Aber es gelten hier die gleichen Einwände.

Zwar spricht die von *Niël* entdeckte retrograde Degeneration für das doppelsinnige Leitungsvermögen, und hat *Bayliss*¹⁴⁾ in einer nach dem augenblicklichen Stande unserer Kenntnisse nicht anfechtbaren Reihe von Experimenten nachgewiesen, daß die Vasodilatoren durch die hinteren Wurzeln laufen und mit den sensiblen Spinalganglien-Neuronen identisch sein müssen, die also die gefäßerweiternden Impulse in „anti-

¹²⁾ Ausführlich neu begründet in *Ztschr. für Biologie* 22, 1886.

¹³⁾ The union of different kinds of nerve fibres. *Journ. of Physiology* 31, 1904.

¹⁴⁾ *Journ. of Physiology* 26, 1900, und 28, 1902.

dromer“ Richtung leiten — aber das Experimentum crucis hat doch erst *Boeke* durch die erfolgreiche Verheilung des zentralen Lingualis mit dem peripheren Hypoglossus geliefert. Wenn der Hypoglossus durchschnitten wird, so kann man, wie schon lange bekannt, in der gelähmten Zungenhälfte ein eigentümliches Muskelflimmern beobachten, das erst aufhört, wenn die regenerierenden Hypoglossusfasern wieder die Muskelfasern erreicht und motorische Endplatten ausgebildet haben. *Boeke* hat nun beobachtet, daß auch die Lingualisfasern, welche in die periphere Hypoglossusbahn geleitet worden sind und, wie die histologische Untersuchung zeigt, Endplatten vom motorischen Typus gebildet haben, das Muskelflimmern zum Stillstand bringen, wenn auch nicht ganz vollständig. Das ist nur möglich dadurch, daß zentrale Reize, in zentrifugaler Richtung verlaufend, die Muskelfasern treffen wie nach der homogenen Regeneration des Hypoglossus. Damit ist zum ersten Male der biologische Nachweis erbracht worden, daß in sensiblen, zentripetalen Neuronen ein natürlicher Erregungsvorgang in zentrifugaler Richtung nicht nur geleitet werden kann, sondern tatsächlich geleitet wird.

Diese kardinale Beobachtung wirft nebenbei ein helles Schlaglicht auf das Problem der sogenannten trophischen Nerven: da das sensible Neuron, wie wir jetzt wissen, nicht bloß Reize von der Peripherie zum Zentralorgan leitet, sondern auch vom Zentrum zur Peripherie, so könnte die Annahme besonderer trophischer Nerven unnötig und die Suche nach ihnen überflüssig werden — es müßte sich denn herausstellen, daß zwischen sensible Nervenendigung und Endorgan eine ähnlich polar differenzierte Zwischensubstanz („intermediäre Substanz“) eingeschaltet ist, wie zwischen motorische Endplatte und Muskelfaser oder zwischen Endbäumchen des einen und Zellkörper und Dendriten des anderen Neurons im Zentralorgan, eine Zwischensubstanz, welche den Übertritt des elektrischen Stromes, höchstwahrscheinlich aber auch des Erregungsvorganges, nur in einer Richtung zuläßt, in der entgegengesetzten ausschließt.

Das Eine ist nach allem gewiß: die Frage, ob ein Nerv oder eine Nervenwurzel rein motorisch oder sensibel sei, ist jetzt in dem früheren Sinne nicht mehr möglich. Und die Begriffe: „sensibles, rezeptorisches, afferentes, zentripetales“ und: „motorisches, effektorisches, efferentes, zentrifugales“ Neuron bedürfen einer erneuten Überprüfung.

Vielleicht führen die Untersuchungen *Boekes* dazu, die Anatomie und Physiologie von den Fesseln eines Dogmas zu befreien, das sie allzu leicht „mit Jauchzen“⁽¹⁰⁾ angenommen und ein Jahrhundert hindurch gewiß nicht immer zu ihrer Förderung festgehalten haben.

Ich schließe mit einem Satze jenes Anonymus von 1842⁽¹⁰⁾: „Mögen diese Worte ein Weniges

dazu beitragen, die sacra ancora der Medizin, die Physiologie, von dem Roste der Hypothesen zu reinigen und eine Revision der Schlüsse aus dem Bellschen Phänomen herbeizuführen; leider sind diese bereits so weit gediehen, daß die Theorie fertig dasteht und zur Gewohnheit wurde, welche bei ihrer großen Bequemlichkeit und Kongruenz mit den psychologischen Anschauungen der Forscher eine gewisse Dauerhaftigkeit fürchten läßt; wir sind ihres endlichen Verschwindens aber so sicher, als der des Phlogistons.“

Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt.

Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung.

Von W. Schottky, Würzburg.

Man ist gewohnt, physikalische Methoden, physikalisch strenge Gesetze, als das erstrebenswerte, wenn auch oft unerreichtbare Ziel jeder analysierenden Naturbetrachtung anzusehen. Wenn sich daher in der Grundauffassung über Form und Tragweite der physikalischen Gesetzmäßigkeiten ein Umschwung vorbereitet, so ist das etwas, was nicht nur den Fachphysiker, sondern mehr oder weniger jeden Naturwissenschaftler angeht, oder sagen wir, um nicht den Trennungsstrich an falscher Stelle zu ziehen: jeden an analytisch-wissenschaftlicher Erkenntnis interessierten Menschen. Ich hoffe daher, man wird diesen Versuch einer von möglichst allgemeinen Gesichtspunkten ausgehenden, historisch entwickelnden Darstellung der Krisis, in der sich die heutige Physik befindet, willkommen heißen; daß dieser Darstellung, wo sie an die noch schwebenden Probleme herantritt, die durchdringende Klarheit, der letzte lösende Abschluß fehlt, notwendig fehlen muß, wird der Leser, sofern er nicht nur Vollendetes, sondern auch Werdendes erfahren will, freilich guten Willens mit in Kauf nehmen müssen.

Ich will nicht gerade mit *Demokrit* und *Empedokles* anfangen, aber doch mit *Büchner*. Zu *Büchners* Zeiten war die Sache trotz aller Meinungsverschiedenheiten verhältnismäßig einfach: die Welt bestand aus „Stoff“ und „Kraft“; jedes Stoffteilchen übte auf die Stoffteilchen seiner näheren und weiteren Umgebung Kräfte aus und empfang solche Kraftwirkungen. Diese bestimmten dann seine Bewegung (oder seine Gleichgewichtslage), dasselbe war bei allen anderen Teilchen der Fall; auch in jeder neuen Lage, die die Teilchen gegeneinander einnahmen, waren jedoch die gegenseitigen Kräfte durch allgemeine Gesetze bestimmt, und so entwickelte sich von einem bestimmten Zeitpunkte an der ganze Ablauf des Naturvorganges mit unfehlbarer Sicherheit aus dem Anfangszustand; die bekannte Weltenuhr oder Uhrenwelt.

Wir lassen jetzt den Vorhang fallen und heben ihn erst wieder im Jahre 1900. *Faraday*, *Maxwell*,

Lorentz haben nicht umsonst gelebt; das Bild hat sich gründlich verändert. Nicht nur ist jetzt die ganze Welt elektrisch, sondern auch viel feiner, ätherischer, und man kann sagen geistiger geworden; denn es sind jetzt nicht mehr bloß die Stoffteilchen, ihre Bewegungen und Kräfte, die den Ablauf eines Naturvorganges bestimmen, sondern das ganze Gebiet *zwischen* diesen Stoffteilchen ist in den Kreis der Naturbetrachtung mit hereingezogen, und die Zustände in diesem Zwischengebiet folgen ihren eigenen Gesetzen, allerdings in ständiger gebender und empfangender Wechselwirkung mit den Bewegungen der Stoffteilchen. Diese „Zustände“, die also nicht mehr auf die Bewegung von Stoffteilchen zurückzuführen, wohl aber auf andere Weise meßbar sind, sind die elektrischen und magnetischen Kräfte oder „Feldstärken“; wie diese beiden Kräfte, gewissermaßen einander umspielend, sich von Ort zu Ort fortpflanzen und so eine „elektromagnetische Erregung“ mit außerordentlich großer Geschwindigkeit durch den Raum hindurchtragen, das wird durch die Maxwell-Lorentzschen Feldgleichungen wunderbar einfach und umfassend beschrieben, während die Wirkungen dieser Kräfte auf die Stoffteilchen durch einige andere nicht weniger einfache Gesetze festgelegt sind.

Ungemein erweitert ist so der Kreis der von dieser Physik umfaßten Naturvorgänge; nicht nur die gewöhnlichen, elektrischen und magnetischen Wirkungen, auch die den Raum durchteilenden Wellen der drahtlosen Telegraphie, aber auch alle Licht- und Wärmestrahlen, selbst die geheimnisvollen Röntgen- und Gammastrahlen sind in den klaren Grundzügen dieser „Ätherphysik“ mit enthalten. Doch nicht nur in bezug auf die Vorgänge im „leeren Raum“ (oder, wie man etwas ungenau zu sagen pflegt, „in der Luft“), sondern auch in bezug auf die Wechselwirkung dieser Vorgänge mit den Stoffteilchen der „Materie“ scheint alles restlos geklärt; es stellt sich immer deutlicher heraus, daß die Materie aus lauter positiv und negativ elektrisch geladenen Teilchen besteht, deren Wechselwirkung aufeinander auf keinem anderen Wege als eben durch jenes „elektromagnetische Feld“ vermittelt wird, und so scheint nicht nur die Fortpflanzung von Wärme-, Lichtwellen usw. in den materiellen Körpern durch die Lorentzsche Theorie in vollkommen durchsichtiger Weise erfaßt, sondern man wagt sich sogar mit der Sonde der geprägten Begriffe und Gesetze bis in das *Innere* der geladenen Stoffteilchen hinein, und eine der kühnsten und befriedigendsten Glanzleistungen jener Theorie ist die Erklärung der Massenträgheit selbst, also einer anscheinend rein stofflichen Eigenschaft, aus den „Rückwirkungen des eigenen Feldes“, die ein geladenes Stoffteilchen bei einer Geschwindigkeitsänderung erfährt.

Damit ist scheinbar das frühere Bild, das wir mit der Spitzmarke „Büchner“ gekennzeich-

net haben, völlig aufgelöst, nichts mehr davon in der neuen Vorstellung enthalten. Das scheint aber nur so, denn in Wirklichkeit ergibt auch die neue Theorie, daß man, wenigstens bei langsamen Bewegungen, die Stoffteilchen nach wie vor als unveränderliche, Kräfte ausübende und empfangende Gebilde zu betrachten hat, deren Bewegungen durch die Gleichungen der Mechanik fast genau bestimmt sind; und etwas anderes Gemeinsames, auf das wir wegen des Folgenden noch viel größeren Wert legen, haben die beiden Theorien noch: wie früher ist der Ablauf des Natur- und Weltvorganges mit unfehlbarer Sicherheit bestimmt, wenn nur in einem gegebenen Anfangsmoment (der jeder beliebige sein kann) der *ganze „Zustand“ der Welt*, also jetzt nicht nur die Lagen und Bewegungen der Stoffteilchen, sondern dazu noch die elektrischen und magnetischen Feldstärken an allen Punkten zwischen diesen Stoffteilchen bekannt sind. Daß uns nicht eine restlose Voraussage aller zukünftigen Ereignisse gelingt, ist nach dieser Theorie nur dadurch bedingt, daß es eben nicht möglich ist, mit genügender Genauigkeit und an allen Orten der „Welt“ gleichzeitig den „Anfangszustand“ zu bestimmen.

Auch die Einbeziehung der Schwerkraft in dieses Weltbild hat an seinen soeben gekennzeichneten Grundzügen nichts Wesentliches geändert. Freilich stellte sich heraus, daß es nicht möglich ist, auch die Wirkungen der Schwerkraft zwischen den verschiedenen Stoffteilchen sich durch dieselben Zustände des dazwischenliegenden Raumes vermittelt zu denken, der die elektrischen und magnetischen Kraftwirkungen überträgt; die bekannte Schwerkrafttheorie *Einsteins* hat uns jedoch gelehrt, daß man zu einer weitgehend mit der Erfahrung übereinstimmenden Aussage gelangen kann, wenn man annimmt, daß in jedem Punkte des Raumes außer den elektrischen und magnetischen Feldstärken noch gewisse andere, ebenfalls auf bestimmte Weise meßbare Zustände vorhanden sind, die das Schwere- oder Gravitationsfeld bestimmen, und für die genau so, wie für die elektromagnetischen Zustände, gewisse „Fortpflanzungsgesetze“ gelten, so daß wir im ganzen, nur etwas erweitert, dasselbe Spiel, dasselbe Bild haben wie zuvor. Daß aber die Einfügung der Schwerkraft in dieses Naturbild nicht ohne eine völlige Umgestaltung unserer Anschauungen über den Raum- und Zeitbegriff vor sich gehen konnte, ist vielleicht für das Folgende lehrreich, berührt aber den Kern unseres Bildes noch nicht; ebensowenig wird dieser Kern getroffen durch die neu gewonnene Erkenntnis, daß es sich bei den zur Beschreibung des Weltvorganges eingeführten Zuständen im Raum (elektrische und magnetische Feldstärken, Gravitationsgrößen) nicht um absolute, sondern um je nach den gewählten „Bezugssystemen“ anders gemessene Größen handelt. Denn wir hatten ja diese Größen von vornherein nur als solche ein-

geführt, die sich auf irgendeine Weise messen lassen, und das Resultat der für sie vorgeschriebenen Meßmethode kann sehr wohl von den Bezugssystemen (d. h. etwa von der Bewegung des messenden Beobachters und seiner Apparate im Raum) abhängig sein. Soll eine wirkliche Untersuchung eines Vorganges vorgenommen werden, so muß man sich doch auf *ein* Bezugssystem, wenn man es einmal gewählt hat, festlegen, und das Verhalten der zu messenden Größen in anderen Bezugssystemen spielt dann für die weitere Betrachtung keine Rolle.

Alles in allem handelt es sich also bei der Einsteinschen „allgemeinen Relativitätstheorie“ nur um eine großartige Ergänzung eines von denkenden Geistern eigentlich schon seit Jahrtausenden angestrebten Weltbildes, in dem nicht nur eine vollständig gesetzmäßige Bestimmtheit den Ablauf des Naturgeschehens regelt, sondern auch noch ein weiteres Bedürfnis erfüllt ist: der Ablauf aller Vorgänge in einem noch so kleinen Teil des Raumes wird durch keine „Fernwirkungen“ irgendwelcher Art mehr beeinflusst, sondern ist einzig und allein durch die Vorgänge bedingt, die sich in seiner unmittelbaren Umgebung abspielen und die sich, durch die Grenze des betrachteten Raumteilchens hindurch, in das Innere desselben fortpflanzen. Dieses Prinzip, das unser System zu einer *Nahewirkungsphysik* im strengsten Sinne des Wortes stempelt, schließt die von dem Materialismus (System „Büchner“) um die Naturvorgänge geschlossene Kette in gewissem Sinne noch enger; solange man noch an „Fernkräfte“ denken konnte, konnte in dem und jenem Bereich der Natur noch etwas Unerwartetes geschehen, insofern, als Fernwirkungen aus Gegenden, die sich unserer Beobachtung entziehen, in das Naturgeschehen eingreifen. Wenn aber die Nahewirkungsphysik recht hat, so braucht man nichts zu tun, als um das räumliche Gebiet, in dem einen gewisse Vorgänge interessieren, gewissermaßen eine Postenlinie zu ziehen, die alles registriert, was die von ihr gezogene Sperrkette passiert; mit Hilfe der Naturgesetze der Nahewirkungsphysik muß es dann immer möglich sein, die Ereignisse in dem betrachteten Gebiet mit vollständiger Sicherheit vorauszusagen.

Und heute? Drei neue Namen: Planck, Einstein, Bohr und das Wort „Quantentheorie“ bedeuten dem Kundigen, daß das Weltbild der Nahewirkungsphysik eine ebenso große, vielleicht noch größere Umwandlung durchzumachen im Begriff steht, als seinerzeit das alte Stoff-Kraft-Weltbild. Und wenn man die Gedankengänge dieser Männer verfolgt, so weiß man auch, daß diese Umwandlung, die anscheinend viel Schönheit und Klarheit zertrümmert und noch nichts Gleichwertiges an ihre Stelle gesetzt hat, nicht das Produkt einer willkürlichen Laune und Veränderungsucht ist, sondern aus der Entdeckung ganz katastrophaler Unstimmigkeiten hervorgegangen ist, die zwischen den Folgerungen aus

dem Nahewirkungsprinzip und dem wahren Sachverhalt in der Natur auftreten. Und zwar ist es nicht so, daß irgendwelche besonderen Gesetze der Nahewirkungsphysik diese Unstimmigkeiten bedingen, sondern, diese Erkenntnis hat sich immer deutlicher Bahn gebrochen, das ganze System als solches ist es, das, wenigstens in seiner bisherigen strengen Form, verworfen werden muß.

Es handelt sich dabei um folgendes. Zu den von jeder besonderen Theorie so gut wie unabhängigen sicheren Feststellungen, die uns das vorige Jahrhundert gebracht hat, gehört auch die, daß die kleinsten Teile der Materie (Moleküle, Atome, Elektronen) sich in einer unaufhörlichen fliegenden, schwingenden oder kreisenden Bewegung befinden, und zwar auch in solchen Räumen, in denen scheinbar völlige Ruhe herrscht (z. B. in dem in einem Kasten eingeschlossenen Luftraum, einer ruhenden Flüssigkeit und dergleichen). Man nennt diese Bewegungen Wärmebewegungen, weil sie je nach der Wärme des betreffenden Körpers mehr oder weniger heftig sind und in gewissem Sinne überhaupt das Wesen der Wärme ausmachen. Denken wir uns nun in dem Kasten, in dem die Atome diese Wärmebewegungen ausführen, irgendwo am Boden einen Tropfen von einer Substanz, die nicht aus einzelnen Atomen besteht, sondern dieselben Eigenschaften hat wie der Lorentzsche „Äther“ oder überhaupt unser „Nahewirkungsfeld“, nämlich die, daß eine unendliche Mannigfaltigkeit von „Zuständen“ in einem noch so kleinen Raum möglich ist, und nehmen wir weiter an, daß durch die Stöße der auf diesen Tropfen auftreffenden Atome der „Zustand“ an der Oberfläche des Tropfens in irgendeiner Weise (etwa durch elastisches Nachgeben des Tropfens beim Auftreffen eines Moleküls) *stetig* beeinflusst wird. Dann läßt sich zeigen, daß dieser eine Tropfen die unangenehme Eigenschaft haben wird, allmählich allen mit ihm in Berührung kommenden Atomen ihre lebendige Kraft, ihre Bewegung zu entziehen und dafür selbst in die allerfeinsten und kompliziertesten Schwingungen zu geraten; jedenfalls wäre aber das Ergebnis das, daß, wenn man mit der Hand nach einiger Zeit in den Kasten mit vorher warmer Luft, warmem Wasser usw. hineinfühlte, einen eine Eiseskälte umgeben würde; alle Wärme, alle „Molekularbewegung“ wäre erloschen.

Genau dieselbe Wirkung müßte nun offenbar das nach der Lorentzschen Anschauung und ihrer Einsteinschen Fortführung zwischen den Atomen der Materie gespannte „Nahewirkungsfeld“ auf die Bewegung der Materie ausüben. Denn alle die soeben angeführten Voraussetzungen sind ja gegeben, das Gesetz der Nahewirkung *innerhalb* des Feldes (wie vorhin innerhalb unseres Tropfens) und die *stetige* Beeinflussung gewissermaßen an der Grenze des Feldes, nämlich in den Punkten, wo die Materie ihre Wechselwirkungen auf das Feld ausübt und empfängt. Und wenn

man im besonderen die Gesetze der Lorentzschen Theorie anwendet, so findet man, daß der Übergang der ganzen lebendigen Kraft der Materie an das Nahwirkungsfeld sogar in außerordentlich kurzer Zeit stattfinden müßte. In Wirklichkeit verlieren aber die Atome ihre lebendige Kraft *nicht*, die Welt ist *nicht* tot und erloschen, sondern lebendig und in ständiger Bewegung. Die Grundvoraussetzungen der Nahwirkungsphysik können also nicht zutreffen.

Was nun? *Max Planck* hat in dem berechtigten Wunsch, von der in so vielen Fällen bewährten Nahwirkungstheorie zu retten, was zu retten ist, eine Kompromißhypothese aufzufinden versucht, die für das „Feld“ die Nahwirkungsgesetze beibehält und für die Wechselwirkung mit der Materie die Annahme der *Stetigkeit* auch noch in vielen Fällen; nur bei ganz besonderen Vorgängen, nämlich bei der Ausstrahlung von Licht oder Wärme durch ein materielles Teilchen sollen gewisse im einzelnen noch unbekannte sprunghafte Prozesse auftreten.

Auch diese eingeschränkte Nahwirkungstheorie scheint jedoch, abgesehen von gewissen aus der Erfahrung geschöpften Bedenken, auf die besonders *Einstein* hinweist, ihre großen inneren Schwierigkeiten zu haben. Es sei nur bemerkt, daß diese sogenannte „2. Plancksche Quantenhypothese“, streng genommen, weder eine *räumliche* noch *zeitliche* Einschränkung des *unstetigen* Verhaltens der mit dem Feld in Wechselwirkung stehenden Materie gestattet; man wäre hierbei vielmehr genötigt, zu sagen, daß für die Wechselwirkung zwischen dem betreffenden Teilchen und dem „von den anderen materiellen Teilchen herrührenden Felde“ die stetigen Annahmen der Nahwirkungstheorie beibehalten werden sollen, dagegen für die Wechselwirkung des Teilchens mit „seinem eigenen Felde“ *nicht*. Eine solche Unterscheidung verschiedener Feldwirkungen nach ihrem Ursprungsort widerspricht aber wiederum dem eigensten Gedanken der Nahwirkungstheorie, und wir müssen deshalb, wenn wir aufrichtig sein wollen, sagen, daß wir zwar sicher wissen, daß die „Feldgrößen“ der Lorentzschen und Einsteinschen Nahwirkungstheorie *nicht* so auf die Materie wirken wie es diese Theorie annahm, daß wir aber, soweit wirklich *genaue* Gesetze in Frage kommen, nicht das geringste darüber aussagen können, *wie* sie eigentlich wirken.

Wissen wir aber nicht, wie die von uns eingeführten Feldstärken usw., deren Wechselspiel im Raum durch die Nahwirkungsgesetze gegeben ist, auf die Materie wirken, so müssen wir zugeben — und das ist eine Folgerung, die sich allerdings bisher nur die wenigsten Physiker zu eigen gemacht haben —, daß diese Zustandsgrößen der Nahwirkungstheorie, von deren Realität man jahrzehntelang fest überzeugt war, genau genommen, überhaupt keine Bedeutung mehr für die Naturforschung besitzen. Denn — wir kommen hier zu einem Punkt, über den ich

oben etwas leichtfertig hinweggegangen bin — die einzige Möglichkeit, diese hypothetischen Feldgrößen zu messen, ist die, daß man ihre Wirkung auf materielle Teilchen untersucht, und aus den Orts- oder Eigenschaftsveränderungen materieller Teilchen rückwärts auf die Werte dieser Feldgrößen schließt. Ist nun das Gesetz unbekannt, nach dem die Feldgrößen auf die materiellen Teilchen wirken, so entfällt jede und jede Möglichkeit, den Wert der Feldgrößen durch die Erfahrung zu bestimmen, und die Behauptung, daß zwischen diesen Feldgrößen selbst gewisse Gesetze bestehen, jedoch ihre Wirkung auf die Materie unbekannt sei, entbehrt überhaupt jedes Sinnes. Es ist — wenn ich einen allerdings wohl etwas zu weitgehenden Vergleich gebrauchen darf — so ähnlich, wie wenn uns jemand ein Pferd verkaufen will und behauptet, das Tier habe ganz bestimmt die und die tadellosen Eigenschaften; es zeige aber diese Eigenschaften bloß, wenn es in ganz bestimmter Weise behandelt würde; wie man es zu diesem Zwecke behandeln müsse, das habe bisher jedoch kein Mensch erfahren können. Wir würden dann doch einfach sagen: diese Eigenschaften existieren nicht.

Mag dieser Vergleich nun ganz stimmen oder nicht, jedenfalls wird er uns nötigen, uns wieder einmal auf die feste Grundlage der physikalischen Erkenntnis zu besinnen, und so sieht sich die Physik ganz von selbst von dem Wortstreit, ob die Vorgänge im Nahwirkungsfelde oder die Wechselwirkung des Feldes mit der Materie als unstetig angenommen werden müsse, abgebracht und wieder hingewiesen auf die Natur selbst, d. h. auf die wirklich beobachtbaren Gesetzmäßigkeiten, an denen keine Theorie, kein Weltbild etwas ändert. Wir dürfen und wollen letzten Endes keine anderen Gesetze aufstellen, als solche, die die bestimmte Aussage enthalten: wenn ich das oder das festgestellt habe, oder wenn ich das oder das tue, so passiert das und das. Gewiß galt diese Vorschrift am Anfang in der von uns gekennzeichneten Nahwirkungstheorie auch, und alle in dieser Weise prüfbareren Gesetze, welche diese Theorie aufgestellt und deren Richtigkeit sie erwiesen hat, gelten heute so wie früher. Es handelt sich hierbei — und das ist ein wichtiger Punkt — um alle genügend *langsam* verlaufenden Prozesse, so daß alle beobachtbaren Erscheinungen der Schwerewirkungen (somit eigentlich des ganzen bisherigen Anwendungsgebietes der Einsteinschen Gravitationstheorie) aber auch alle verhältnismäßig langsamen elektromagnetischen Vorgänge bis zu den schnellsten Schwingungen der drahtlosen Telegraphie nach wie vor richtig durch die Nahwirkungstheorie wiedergegeben werden. Und in diesem ganzen Gebiet lassen sich auch die „Feldgrößen“ nach bestimmten Vorschriften messen. Erst wenn wir in das Gebiet der ganz schnellen Vorgänge, wie sie Lichtwellen, Wärmebewegungen usw. vorstellen, kommen, versagen unsere Meßvorschriften; und, wie wir jetzt

wissen, es versagt auch die Theorie. Sicher hätte man das Versagen der Theorie nicht auf dem vorhin beschriebenen Umwege über die Wärmebewegung, sondern direkt gemerkt, wenn eine Nachprüfung der Theorie nach bestimmten Meßvorschriften in alle Einzelheiten möglich gewesen wäre; daß man sich mit gewissen *indirekten* Bestätigungen begnügt hat und eine ungeheure in ganz bestimmter Weise angebbare Mannigfaltigkeit von Zuständen vorausgesetzt hat, wo man es in Wirklichkeit nur mit gewissen verhältnismäßig einfachen Bedingungen und Meßergebnissen zu tun hatte, das war vielleicht ein Fehler. Freilich wird man in einer physikalischen Theorie nie vermeiden können, Hilfsgrößen einzuführen und an ihre Realität zu glauben, solange die Beobachtungen dem vorausgesetzten Verhalten dieser Hilfsgrößen entsprechen; ebenso muß man aber in jedem Augenblick bereit sein, diese Vorstellungen aufzugeben, wenn sie der Erfahrung widersprechen, und die grundlegende und nie irreführende Fragestellung wird dann immer die oben gekennzeichnete sein: was kann ich messen, und was geschieht, wenn ich dies und das festgestellt habe, oder wenn ich dies und das tue.

Gerade diese einfache Fragestellung setzt uns nun aber bei der augenblicklichen Lage der Dinge in die größte Verlegenheit; wir wissen zurzeit noch gar nicht genau, was wir im Gebiet der „schnellen“ Vorgänge eigentlich messen können, was also eine neue Theorie an Stelle der „Feldgrößen“ der Nahewirkungstheorie zu setzen hat. Und *noch* schlimmer: es hat den Anschein, als ob die Zusammenhänge zwischen den neu einzuführenden Meßgrößen in gewissen Fällen ganz anderer Art sein müßten als alles bisher Bekannte — um es kurz zu sagen: Das *Kausalgesetz selbst*, mit seiner vollkommenen Bedingtheit der kommenden Erscheinungen durch die gegenwärtigen und vergangen, *scheint in seiner bisherigen Form in Frage gestellt*.

(Schluß folgt.)

Besprechungen.

Gelb, A., und K. Goldstein, *Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle*. 1. Band. Leipzig, J. A. Barth, 1920. 561 S. Preis geh. M. 60,—.

Sechs Arbeiten aus dem Institut zur Erforschung der Folgeerscheinungen von Hirnverletzungen in Frankfurt a. M., die vorher an verschiedenen Stellen veröffentlicht waren (Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiat., 41, Neurol. Zentralbl. 22, 1918, Zeitschrift für Psychologie 83, 84, 86), sind zu einem stattlichen Bande vereinigt, aus dem man so recht die Fruchtbarkeit der bisherigen Leistungen des neu gegründeten Instituts ersehen kann. Ein Neurologe und ein Psychologe haben sich zusammengefunden und ihre Arbeitskräfte dem Studium der psychischen Erscheinungen gewidmet, die durch Kopfverletzungen entstehen. Die Aufgabe verdient den Einsatz, einmal gilt es zu helfen, den vielen Opfern des Krieges wieder die Möglichkeit einer regelmäßigen und ihnen angepaßten Tätigkeit zu verschaffen, zum andern bieten diese Er-

scheinungen eine überaus reiche Fundgrube für theoretische, die Grundlagen der Psychologie und Hirnphysiologie berührende Erkenntnisse, wenn man nur versteht, sie auszuschöpfen. Und daß die Verf. der im vorliegenden Band enthaltenen Beiträge, die Herausgeber selber und ein ständiger Mitarbeiter des Instituts W. Fuchs, dieser Aufgabe in besonderem Maße gewachsen sind, das zeigen ihre Arbeiten, in denen sie Methoden über Methoden ersinnen, um den oft gänzlich widerspruchsvoll und unerklärlich aussehenden Erscheinungen beizukommen. Gerade die Art und Weise, wie in jedem Falle jedes Phänomen analysiert wird, wie die Entstehungsbedingungen planmäßig variiert werden, bis die Erklärung gelungen, andere zunächst mögliche Hypothesen widerlegt sind, das scheint mir kein geringerer Ertrag der Arbeiten als die eigentlichen Resultate, so hoch diese auch zu bewerten sind.

Den Schlüssel zu ihrer Methode geben uns die Herausgeber im ersten Beitrag. „Die bisherigen psychopathologischen Untersuchungen haben die Darlegung der Defekte, die Erörterung darüber, was ein Patient *nicht* kann, gewöhnlich allzusehr in den Vordergrund gerückt und darüber die Frage, wie denn das normale Erkennen modifiziert ist, *wie denn das pathologisch veränderte Erlebnis tatsächlich beschaffen ist*, etwas vernachlässigt“ (S. 5). Gerade auf die von mir gesperrten Worte legen aber die Arbeiten des Frankfurter Instituts den Nachdruck. Erst dann ist eine Fehl- und eine gute Leistung wirklich zu verstehen.

Ein zweites nicht weniger wichtiges Merkmal dieser Arbeiten ist, daß sie theoretisch auf dem Boden der Wertheimerschen Gestalttheorie stehen, über die der Ref. mehrfach in dieser Zeitschrift berichtet hat. Nicht aber etwa ist es so, daß diese Theorie einfach vorausgesetzt wurde und nun alle Tatsachen in sie hineingepreßt sind, sondern jede Reihe von Experimenten führte immer wieder zum Resultat: nur Gestaltprinzipien können die letzte Erklärung liefern. Daß dann im Lauf der Forschung die Theorie mehr und mehr auch die Fragestellungen lieferte, ist selbstverständlich und beweist nur ihre Tragfähigkeit und Fruchtbarkeit.

Aus der reichen Fülle der Ergebnisse sollen nur ganz wenige Beispiele zur Verdeutlichung des bisher Gesagten mitgeteilt werden. In zwei ausführlichen Abhandlungen, die zusammen fast die Hälfte des Bandes einnehmen, schildern die Herausgeber einen Fall schwerster Seelenblindheit. Er erweist sich als eine *Störung schon der primitivsten Gestalten*, so daß man mit den Verf. von einer „totalen Gestaltblindheit“ sprechen kann. Der Patient *sieht*, aber selbst so elementare optische Erlebnisse wie der Geradheits- und Krümmungseindruck fehlen ihm; was er sieht, sind farbige und farblose Flecke von ganz ungefähre Breite und Höhe und ungefähre Verteilung im Gesichtsfelde, die aber bei komplizierteren Dingen schon dem bloßen Eindrucke des Gewirrs Platz macht. Seine Sehstörung beruht nicht auf dem Ausfall von Vorstellungen oder sonstigen assoziativen Faktoren, sondern darauf, daß die einfachsten Gestaltprozesse bei ihm nicht mehr zustande kommen. So kann der Patient z. B. auch keine Bewegung sehen. Der Sachverhalt war aber außerordentlich schwer aufzuklären, weil der Patient dem ersten Eindruck nach in seinem täglichen Verhalten relativ sehr wenig behindert ist, er kann, wenn auch langsam, lesen, er spielt Karten u. dgl. Daß er diese Leistungen bei seinem radikalen

optischen Defekt vollbringen kann, liegt daran, daß er sich in Bewegungen des Kopfes einen Ersatz geschaffen hat, mit denen er die Konturen der Dinge „nachfährt“.

Die zweite, dem gleichen Fall gewidmete Abhandlung führt zur Frage nach dem Zusammenhang zwischen optischem und taktilen Raum. Die Verf. kommen zu den folgenden Thesen: „1. Räumliche Eigenschaften kommen den durch den Tastsinn vermittelten Qualitäten an sich nicht zu. Wir gelangen überhaupt nicht durch den Tastsinn allein zu Raumvorstellungen. 2. Nur durch Gesichtsvorstellungen kommt Räumlichkeit in die Tasterfahrungen hinein, d. h. es gibt eigentlich nur einen Gesichtsraum“ (S. 229). Mir scheint, die Formulierung dieser Sätze, zumal des zweiten, wird noch verändert werden müssen; nach einem Vortrag, den Goldstein auf der Naturforscherversammlung in Nauheim gehalten hat, scheint mir aber, daß die Verf. schon selbst die Richtung erkannt haben, in der sie über ihr Resultat hinausgehen müssen.

Für die Gestalttheorie außerordentlich wichtige Ergebnisse liefert eine Untersuchung von Gelb über den Wegfall der Wahrnehmung von „Oberflächenfarben“. Besonders die Rückbildung dieses Defektes sowie der damit verknüpften Farbenblindheit und das verschiedene Verhalten von Netzhautzentrum und -peripherie lieferte entscheidende Resultate, doch will ich darauf nicht näher eingehen und nur noch einiges aus den zwei Arbeiten von Fuchs über das Sehen der Hemianopiker und Hemiamblyopiker berichten. In diesen pathologischen Fällen treten eine Reihe von höchst auffallenden Erscheinungen auf, die alle als Gestaltungsgesetzlichkeiten zu verstehen sind. Dinge, die im amblyopischen Feld liegen, werden oft an falschen Stellen gesehen, sie erscheinen verlagert. Für diese Verlagerungen fand Fuchs das folgende Gesetz: „Die Verlagerung erfolgt in der Richtung auf die herausgefaßte und daher in der Regel den relativ höchsten Deutlichkeitsgrad aufweisende Gestalt hin. . . . Sie sind Angleichungen in bezug auf die Lokalisation.“ (S. 303/4.) Ferner ist das Gesichtsfeld als Ganzes anders organisiert als beim Normalen. Auch für den Hemianopiker, der nur ein scharf begrenztes halbes Gesichtsfeld besitzt, ist das Sehfeld etwas allseitig Ausgedehntes und analog organisiert wie das normale. Es hat einen Kernpunkt, auf dem die Aufmerksamkeit liegt, nur ist das nicht mehr die normale Fovea. Daher kommt es auch zu Verlagerungen des ganzen Gesichtsraumes. Das paßt zu Herings Lehre von der absoluten Lokalisation, aber Fuchs tut nun einen entscheidenden Schritt über Hering hinaus, indem er fragt, wie es denn kommt, daß beim Hemianopiker sich die Aufmerksamkeit in einer so besonderen Weise postiert. Und die Antwort lautet: das Sehfeld selbst bestimmt den Schwerpunkt (Kernpunkt), von dem aus es sich strukturiert. „Nur deshalb, weil das Gesichtsfeld des Hemianopikers jene eigenartige Form hat, organisiert sich das entsprechende Sehfeld in der eigenartigen Weise.“ (S. 321.) Es handelt sich also nicht, wie noch nach Herings Ansicht, um ein Produkt der Erfahrung, sondern um eine ursprüngliche Funktion unseres nervösen optischen Apparates. Endlich eine dritte Eigentümlichkeit: Bietet man einem Hemianopiker eine einfache Figur (Kreis, Stern, aber nicht einfacher gerader Strich) so, daß ein Teil in seiner blinden Gesichtsfeldhälfte liegt, so sieht er sie doch vollständig, ja er sieht sie genau so vollständig, wenn in der blinden Feldhälfte Teile der Figuren objektiv

fehlen. „Das Experiment ergab, daß man im Extrem eine volle Hälfte des Kreises weglassen konnte, ohne daß der Eindruck des Ganzkreises zerstört wurde.“ (S. 428.) Diese Tatsache hat Poppelreuter entdeckt, Fuchs zeigt aber, im Gegensatz zu P., in besonderen sinnreichen Versuchen, daß sie nichts mit Ergänzung durch Vorstellungen zu tun hat, sondern wieder auf einem Gestaltungsgesetz beruht. „Es gibt gewisse „einfache“ Figuren, die so beschaffen sind, daß ein bestimmter hinreichend großer Teil von ihnen bereits imstande ist, den Eindruck der Gesamtgestalt auszulösen.“ (S. 496.)

Diese kärglichen Proben müssen genügen, um dem Leser eine Vorstellung davon zu geben, um was es sich bei diesen Untersuchungen handelt. Wenn ich noch einige Worte der Kritik hinzufügen darf, so möchte ich auf eine formale, aber doch nicht nur formale Angelegenheit hinweisen. Ich erinnere an die zuletzt referierte Eigentümlichkeit der Hemianopiker. Poppelreuter hat sie mit dem Namen der „totalisierenden Gestaltauffassung“ belegt. Es ist nun zwar menschlich durchaus anzuerkennen, daß Fuchs diesen Namen beibehält, sachlich aber scheint es mir richtiger, mit der Theorie, die dieser Name ja doch impliziert, auch den Namen selbst zu verwerfen. Man könnte statt dessen von einer „Tendenz zur Entstehung der totalen Gestalt“, oder ähnlich, sprechen. Namen sind gefährlicher als man denkt, und das Wort „Auffassung“ hat in der Psychologie schon genug Schaden angerichtet dadurch, daß es Probleme verdeckt hat.

Einen ähnlichen Einwand habe ich nun auch gegenüber den Herg., zumal ihre zweite Arbeit betreffend, zu erheben. Sie verwenden gleichfalls nach Möglichkeit die Terminologie einer Psychologie, der sie im Grunde ablehnend gegenüberstehen. Der Grund ist verständlich. Ihre Forschungsrichtung ist den meisten Psychologen und erst recht wohl den Neurologen Neu-land, und sie wollten daher dem Verständnis und der Wirkung ihrer Arbeiten nicht unnötige Schwierigkeiten in den Weg legen. Trotzdem glaube ich, daß das Mittel nicht das richtige war. Sie haben sich so gelegentlich der Möglichkeit beraubt, die Dinge so zu sagen, wie sie sie wirklich denken, und andererseits die Leser doch merken lassen, daß sie sie gar nicht so denken, wie sie sie sagen. K. Koffka, Gießen.

Siebeck, Richard, Die Beurteilung und Behandlung der Nierenkranken. Auf der Grundlage der klinischen Pathologie für Studierende und Ärzte. Tübingen, J. C. B. Mohr, 1920. VIII, 252 S. Preis geh. M. 20,—; geb. M. 25,— + 75 % T.

Eine ungewöhnliche Zahl monographischer Behandlungen haben die Nierenkrankheiten in neuerer Zeit erfahren. Hier erscheint ein Werk, welches schon im Titel ausdrückt, daß es nicht nur von der Krankheit, sondern den Kranken sprechen will. Diese Wendung enthält etwas Programmatisches und drückt ein in der Medizin wieder aktuell gewordenes Problem aus. Man begnügt sich nicht mehr mit der banalen Wiederholung der Forderung „nicht Krankheiten, sondern Kranke müssen behandelt werden“, sondern man geht der Summe von schwierigen Fragen ernstlich nach, die hier verborgen und verschüttet liegen. Verschüttet durch die Entwicklung, welche Medizin und Ärzte in den Bannkreis der exakten, den Einzelfall nur als Beispiel des Naturgesetzes kennenden Naturwissenschaften und ihrer Methoden geführt hatte. Daß aber nicht jenes allgemeine Gesetz, sondern die einzelne Person das Forschungsobjekt des verantwortlichen Arztes sei

— diese Forderung erhebt dieses Buch nicht abstrakt, sondern, was wertvoller, durch Tat und Beispiel und zeigt, wie man vorgehen habe, um den Fall, nicht nur das Gesetz, zu begreifen. Aus diesem Streben ergibt sich eine Einteilung, die zugleich die Methode bedeutet, nach der wir zu verfahren haben, wenn wir aus Einzelbeobachtung, Erfahrung und Nachdenken zur Synthese des individuellen Nierenkranken hinstreben. So werden zuerst die krankhaften Erscheinungen als solche in ihrer physiologischen Genese und Art besprochen: Albuminurie, Stickstoffretention, Wassersucht, Konzentrationsvermögen, Urämie usw. Im zweiten Teile wird, ähnlich wie dies auch in der neueren Psychiatrie erstrebt wird, der krankhafte Vorgang zuerst im Querschnitt, als Zustandsbild, und alsdann im Längsschnitt, als Verlaufsbild, also gleichsam historisch betrachtet. Die ätiologischen, anatomischen und klinischen Einteilungsprinzipien folgen diesem Aufbau nach, gehen ihm nicht voran. Einteilungen, Typenbilder werden abgegrenzt, aber stets mit dem Bewußtsein, daß sie alle unvollkommen sind und das wirklich Vorkommende ganz unvollständig ausdrücken. Der Verfasser wird nicht müde, gerade auf die ungemene Lückenhaftigkeit der biopathologischen Einsicht hinzuweisen und in spezieller Kritik wie allgemeiner Darlegung die unübersehbare Mannigfaltigkeit des klinischen Geschehens allen Systemversuchen der Nierenpathologie entgegenzuhalten. So ist in dieser Hinsicht der Eindruck ein „noch in weiter Ferne“ für die Forschung. Ja, wir gewinnen fast die Überzeugung, als sei die hartnäckige Richtung auf ein Schema oder System der verschiedenen Nierenkranken vielleicht eine im Prinzip falsche. Hier mögen Ansätze liegen, die das Buch nicht ausspricht, aber, wie wir glauben, vorbereitet. Es enthält eine überaus kritische und sorgfältige Einführung in den Stand des Wissens und ist eine pädagogische Hinführung zu einer engen Verbindung dieses Wissens mit der Praxis des Krankbettes. So entsteht eine „klinische Pathologie“, welche die in der gegenwärtigen Medizin so oft tiefe Kluft zwischen theoretischer Einsicht und praktischer Aufgabe überbrückt oder, wo sie es nicht vermag, diese Überbrückung als vornehmste Aufgabe forschender Ärzte zeigt. Gegenüber den vielfach unsicheren pathologisch-physiologischen Theorien, wie etwa in der Frage der Entstehung der Hypertonie oder Urämie, beobachtet das Buch große Zurückhaltung. In der Frage der Entstehung der Wassersucht wird die Beteiligung des gesamten, nicht nur renalen Gefäßsystems an der Erkrankung betont und gezeigt, wie nur das Wechselspiel aller Faktoren renaler und extrarenaler, vaskulärer und extravaskulärer, sowie die Beobachtung der Wasser- und Salzbewegung aus dem Blut in die Gewebe und in umgekehrter Richtung die Erscheinungen verständlich macht. Überall genügen physikalisch-chemische Erklärungen nicht; der fast stets mit Konzentrationsarbeit verbundene Transport von Wasser und gelöster Substanz muß durch die Zellarbeit erfolgen. Besonders sei auf die Bearbeitung der Funktionsprüfungen hingewiesen. Der Verfasser zeigt an vielen Beobachtungen, wie auch hier der Gesamtzustand des Organismus den Ausfall der „Nieren“ funktionsproben beherrscht: mehrtägige Vorperioden mit Salz- oder Flüssigkeitsentziehung oder -überladung können den Zustand so verändern, daß die Funktionsproben völlig verschieden ausfallen. Gerade die Geschwindigkeit solcher träger Umstellungen kann selbst als Funktionsprobe verwendet werden.

v. Weizsäcker, Heidelberg.

Hoffmann, B., Führer durch unsere Vogelwelt. 2. Aufl. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921. IV, 216 S. Preis M. 8,60 + 100 %.

Wir sind in der glücklichen Lage, zwei tüchtige Bücher zu besitzen, welche sich die Aufgabe gestellt haben, den Naturfreund mit den Liedern unserer Singvögel bekannt zu machen. Nehmen wir *Hoffmanns* Büchlein in die Hand, so müssen wir an den ähnlichen Führer *Alwin Voigts* denken, und lassen wir uns von *Voigt* beraten, so fühlen wir uns immer wieder versucht, *Hoffmanns* Werken zu Rate zu ziehen. Dennoch möchten wir einen Vergleich der beiden von vornherein ablehnen. Will man den einen rühmen, so fürchtet man auch schon, dem andern Unrecht zu tun, denn beide Bücher sind wackere und ernsthafte Leistungen. Auch sind wir dessen sicher, daß sie beide den Weg in den Bücherschrank und die Rocktasche der Vogelfreunde finden werden. Selbst der Unmusikalische wird mit Hilfe des Hoffmannschen Buches sein Ziel erreichen können, wenn er festen Willen und Beständigkeit besitzt. Einblasen lassen sich solche Kenntnisse nicht. Wer das vermeint, wird ähnlich enttäuscht werden wie der, welcher nach einem Handbuch Walzer und Negertänze lernen will. Beide Führer müssen wir auch deshalb rühmen, weil sie die Singvögel nicht nur als Gesangsmaschinen vorführen, sondern als Teile jener großen Lebensgemeinschaft schildern, die *Altum* „natürliche Mosaik“ nennt. *Soffels* Bildchen sind sehr hübsch, lassen uns aber wegen ihrer geringen Größe bei solchen Arten im Stich, die in Farbe und Haltung allzu wenig Bezeichnendes haben. Immerhin können wir diese Bildereien uns lieber gefallen lassen als wohlbeblümete Zierleisten der herkömmlichen Art. *Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.*

Ergebnisse der aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen. Unter Mitwirkung von Dr.-Ing. O. Wieselsberger und Dipl.-Ing. Dr. phil. A. Betz herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Dr. L. Prandtl. 1. Lieferung. München u. Berlin, R. Oldenbourg, 1921. 140 S., 91 Abb. und 2 Tafeln. Preis geh. M. 40.—.

Die deutsche Luftschiff- und Flugzeugtechnik ist von der ersten Zeit ihres Bestehens an nachhaltig durch die Modellversuche gefördert worden, die an der Göttinger Universität unter Leitung von Prof. Prandtl angestellt wurden. Die kleine Versuchsanstalt, in welcher die ersten entscheidenden Versuche über Ballonmodelle und Flügelprofile ausgeführt worden sind, wurde während des Krieges durch eine bedeutend größere Anlage ersetzt. Für den engeren Fachkreis war es stets möglich, die Göttinger Arbeiten zu verfolgen; auch während des Krieges erschienen sie regelmäßig in den von der Flugzeugmeisterei herausgegebenen „Technischen Berichten“. Eine zusammenfassende Veröffentlichung wird nun zum ersten Male vorgelegt. Sie enthält aber nicht die ganze Fülle der bisher angestellten Versuche, nicht das historische Werden der Anschauungen von den Luftkräften und nicht die alten Meßergebnisse mit ihren notwendigen Unvollkommenheiten. Hier findet sich vielmehr das Endergebnis der ganzen Entwicklung. Mit einer Anordnung und mit theoretischen Anschauungen, die sich nach über zehnjähriger Arbeit als die geeignetsten erwiesen haben, tritt Prandtl an die Aufgabe heran, die für die Flugtechnik wichtigen Zahlenwerte zu ermitteln. So enthält die zusammenfassende Veröffentlichung der Göttinger Anstalt kein Versuchsmaterial, das früher gesondert veröffentlicht wurde, sondern nur neues, zum größten Teil nach dem Kriege mit allen Feinheiten

experimenteller und theoretischer Kritik erarbeitetes Material, also Ergebnisse von der Vollendung, die heute auf diesem Gebiete möglich ist. Was bisher in Deutschland an ausländischen Arbeiten bekannt geworden ist, kann sich zweifellos nicht ebenbürtig der Prandtl'schen Veröffentlichung an die Seite stellen; und viele Zweige der Technik können die Luftfahrttechnik um ein derartiges wissenschaftliches Fundament beneiden; in so jungen Jahren ist wohl keiner Technik eine solche Mitarbeit der Wissenschaft beschieden gewesen.

Nach einer kurzen historischen Einleitung wird im 1. Teil die ganze Versuchsanlage beschrieben, sowohl die luft- und maschinentechnische Einrichtung, wie die feinen Apparate zur Regelung des Luftstroms und zur Messung der Kräfte. Dann folgt eine Einführung in die Lehre vom Luftwiderstand, eine Besprechung des Ähnlichkeitsgesetzes, das den Modellversuchen zugrunde liegt, und ein Abriß der Tragflügeltheorie, welche *Prandtl* in den letzten Jahren in einer Anzahl theoretischer und experimenteller Arbeiten aufgebaut hat, und deren glänzende Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen die Zahl der notwendigen Versuche bedeutend zu verringern gestattet. Es ist jetzt vollkommen klargelegt, wie Meßergebnisse an einzelnen Flügel auf Eindecker von anderem Seitenverhältnis und auf Mehrdeckeranordnungen zu übertragen sind.

Der nächste Teil beschreibt die Versuchstechnik in allen Einzelheiten; die Fehlerquellen werden diskutiert; die Eichungen beschrieben, die Genauigkeit der Messungen festgestellt und zur Illustration ein vollständiges Meßprotokoll veröffentlicht.

Der letzte und natürlich weitaus größte Teil enthält Versuchsergebnisse. Hier ist keine systematische Reihenfolge eingehalten; die erste Lieferung enthält 10 voneinander unabhängige Experimentaluntersuchungen. Die zweite Lieferung, welche nach Ablauf eines Jahres in Aussicht gestellt ist, wird die Ergänzung zum Gesamtbild der Luftkraftwerte bringen. Naturgemäß befaßt sich der größte Teil der bisherigen Versuche mit den Eigenschaften der Flügel, und zwar knüpfen die ersten beiden Versuchsreihen unmittelbar an die theoretischen Erörterungen des 2. Teils an; in der ersten werden die Umrechnungsformeln der Tragflügeltheorie für Eindecker geprüft, in der zweiten die Übertragbarkeit der Modellversuche auf die Wirklichkeit, der Einfluß der Geschwindigkeit und Größe des Flügels („Kennwert, Reynoldssche Zahl“) untersucht. Eine besondere Meßreihe ist dem Einfluß des Flügelumrisses und der Verwindung gewidmet. Die Durchmessung einer großen Menge von Flügelprofilen liefert ein wertvolles Zahlenmaterial. Zwei weitere Arbeiten befassen sich mit dem theoretisch und praktisch interessanten Einfluß der Rauigkeit; Messungen an stoffbespannten Flächen zeigen die Abweichungen vom Reynoldsschen Ähnlichkeitsgesetz, welche der Oberflächenbeschaffenheit zuzuschreiben sind. Für die Praxis von großer Wichtigkeit sind zwei weitere Arbeiten, in welchen die gegenseitige Beeinflussung von Flügel und Rumpf und von Flügel und Schraube untersucht wird. Auf diesem Gebiet wiesen die bisherigen Forschungen noch große Lücken auf. Widerstandsmessungen an symmetrischen Profilen, welche höchst interessante und theoretisch noch nicht durchschaute Ergebnisse liefern, und eine Untersuchung von Flugzeugschwimmern schließen den inhaltsreichen Band.

L. Hopf, Aachen.

Planck, Max, Vorlesungen über Thermodynamik. VI. Auflage. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1921. VIII, 292 S. Preis geb. M. 45,—.

Ebenso wie die vorangehende Auflage stimmt auch die jetzt erschienene 6. Auflage des bekannten und beliebten Werkes im wesentlichen mit der 4. Auflage überein, die in dieser Zeitschrift (Jahrgang 2; S. 19, 1914) schon eingehend besprochen wurde. Nur in zwei Punkten hat *Planck* Zusätze und Erweiterungen vorgenommen.

Die eine dieser Erweiterungen betrifft die Theorie der verdünnten Lösungen starker Elektrolyte (z. B. KCl oder NaCl). Während bei schwachen Elektrolyten die elektrische Leitfähigkeit ein direktes Maß für den Dissoziationsgrad darstellt, der selbst mit steigender Verdünnung in bestimmter Weise wächst, gilt dieses Ostwaldsche „Verdünnungsgesetz“ bei starken Elektrolyten erfahrungsgemäß nicht. Bei ihnen trägt nämlich, nach *J. C. Ghosh*, trotzdem die Dissoziation in Ionen eine fast vollständige ist, dennoch nur ein Teil der Ionen zur Leitung bei, weil die langsamen Ionen bei ihrer Wanderung durch die Anziehung der entgegengesetzt geladenen Ionen gehemmt werden. Diese Anziehung macht ihren Einfluß um so weniger geltend, je weiter die Ionen im Durchschnitt voneinander entfernt sind, je verdünnter also die Lösung ist. In der allgemeinen von *Planck* entwickelten Theorie der verdünnten Lösungen offenbart sich diese Ionenanziehung dadurch, daß in dem Ausdruck für die Energie der Lösung die gegenseitige potentielle Energie der Ionen als ein neues Glied hinzutritt, das dem Abstand der Ionen umgekehrt, also der dritten Wurzel aus der Konzentration direkt proportional ist. Die Berücksichtigung dieses neuen Gliedes in der Theorie der Gefrierpunktserniedrigung ergibt das mit den Beobachtungen übereinstimmende Resultat, daß die Gefrierpunktserniedrigung nicht, wie es das van't Hoff'sche Gesetz fordert, der Konzentration direkt proportional ist, sondern in komplizierter Weise von der Konzentration abhängt (§ 273).

Der zweite Zusatz (§ 285) bildet eine Ergänzung zu den Folgerungen aus *Nernst's* Wärmetheorem. Unter Benutzung eines Ausdrucks, den *Debye* aus der Quantentheorie des festen Zustandes abgeleitet hat, gewinnt *Planck* in wenigen Zeilen: 1. das T^3 -Gesetz *Debyes*, nach dem die Atomwärme jedes festen Körpers bei tiefen Temperaturen der dritten Potenz der absoluten Temperatur proportional ist, und 2. das Gesetz von *Grüneisen*, wonach bei tiefen Temperaturen der Quotient aus dem Ausdehnungskoeffizienten und der Atomwärme für alle festen Körper von der Temperatur unabhängig ist.

F. Reiche, Berlin.

Zuschriften an die Herausgeber. Über die Polflucht der Kontinente.

Durch die Notiz auf S. 221 und das ausführliche Referat von *B. Schulz* auf S. 241—250 dieses Jahrgangs sind die Leser der „Naturwissenschaften“ über *A. Wegeners* geistreiche Theorie der Entstehung der Kontinente und Weltmeere orientiert. Das von *Wegener* zur Stütze dieser Theorie zusammengetragene Material macht auch auf den Laien einen sehr überzeugenden Eindruck, und wenn dasselbe von geographischer und geologischer Seite als beweiskräftig anerkannt wird, so ordnet sich der Nichtfachmann diesem Urteil gern unter.

Für den Physiker erwächst nun die Frage nach dem Grund der Wanderung der Kontinentalschollen, als deren Hauptrichtung Wegener diejenige vom Pol zum Äquator ermittelt hat. Von W. Köppen ist qualitativ gezeigt worden, daß es eine Ursache gibt, welche auf die Kontinente eine Kraft in Richtung zum Äquator ausübt, und diese Ursache besteht darin, daß der Schwerpunkt der schwimmenden Sialschollen höher liegt als derjenige des von ihnen verdrängten Simavolumens¹⁾. Vom Schreiber dieser Zeilen ist ohne Kenntnis des Köppenschen Hinweises eine einfache Überlegung angestellt worden, welche es erlaubt, diese Wirkungen quantitativ zu erfassen. Da die Rechnungen ganz elementar sind, trotzdem aber die Frage zu beantworten gestatten, ob die genannte Ursache zur Erklärung der Erscheinungen der Polflucht genügt, sollen sie im folgenden mitgeteilt werden.

Wir wollen von dem mechanischen Prinzip ausgehen, daß die kinetische Energie T eines Systems immer auf Kosten der potentiellen U zu wachsen bestrebt ist, so daß U immer die Tendenz abzunehmen hat. Bilden wir also die Differenz $L = T - U$, welche als „Lagrangesche Funktion“ bezeichnet wird, so strebt auch L danach zuzunehmen; und Gleichgewicht des Systems kann offenbar nur dann bestehen, wenn diese Funktion ihr Maximum erreicht hat, d. h. wenn ihre partiellen Ableitungen verschwinden. Es ist daher verständlich, daß das Maß der Kraft \mathfrak{R}_s , welche das System in einer Richtung s erfährt, durch

$$\mathfrak{R}_s = \frac{\partial (T - U)}{\partial s} = \frac{\partial L}{\partial s} \quad \dots \quad (1)$$

gegeben ist.

Fassen wir nun einen Körper von der Masse m an der Erdoberfläche ins Auge, etwa ein Volumen Wasser am Spiegel des Ozeans. Welche Tendenz, seinen Ort zu wechseln, besitzt dieser Körper? Nach obigem müssen wir seine kinetische und seine potentielle Energie berechnen. Eine kinetische Energie besitzt der Körper, falls er relativ zur Erde ruht, nur infolge der Erdrotation, welche einem Punkt der Erdoberfläche die Geschwindigkeit $v = R \omega \cos \vartheta$ erteilt, wenn wir mit R den Erdradius, mit ω die Winkelgeschwindigkeit der Rotation, mit ϑ die geographische Breite des Punktes bezeichnen (vgl. Fig. 1). Die kinetische Energie des Körpers wird daher:

$$T = \frac{m v^2}{2} = \frac{1}{2} R^2 \omega^2 \cos^2 \vartheta \quad \dots \quad (2)$$

Dabei haben wir die Erde als Kugel behandelt und von ihrer sphäroidischen Gestalt abgesehen. Diese Vernachlässigung ist im Falle der kinetischen Energie gestattet, nicht aber bei Berechnung der potentiellen: Wir haben nämlich gesehen, daß es bei dem erwähnten Prinzip der Mechanik auf die Änderung der beiden Energiearten ankommt; die potentielle Energie ändert sich aber längs der Oberfläche der Erde nur infolge der Abweichung des Erdsphäroids von der Kugelgestalt. Ist R der polare Radius der Erde, so ist der äquatoriale gleich $(1 + q) R$, wo q der „Abplattungskoeffizient“ der Erde ist. Auch jedes Lot \overline{PA} aus einem Punkte P der Oberfläche auf die Rotationsachse ist im Verhältnis $(1 + q)$ gegenüber dem der Kugelgestalt entsprechenden Wert $\xi = \overline{AB}$ gedehnt, hat also die Länge $\overline{PA} = \xi (1 + q)$. Der Zuwachs beträgt also $\overline{BP} = q \xi$.

Denken wir uns in erster, roher Annäherung die ganze Masse M des Erdsphäroids in seinem Mittelpunkt konzentriert, so ergibt sich für die potentielle Energie der Newtonschen Attraktion unseres im Punkte P befindlichen Körpers:

$$- \frac{\alpha m M}{\varrho} \quad \dots \quad (3)$$

Dabei bedeutet α die Gravitationskonstante und ϱ die Entfernung \overline{OP} vom Mittelpunkt: $\varrho = R + \overline{CP}$.

Dem Bogen \overline{BC} entspricht nun wegen der Kleinheit von q ein sehr kleiner Winkel, so daß man einerseits im Dreieck BPC den Winkel $\angle BCP$ als einen rechten ansehen, andererseits $\angle ABO$ mit ϑ identifizieren kann. Man erhält so:

$$\overline{CP} = \overline{AP} \cos \vartheta = q \xi \cos \vartheta, \quad \xi = R \cos \vartheta.$$

Diese Bezeichnungen geben $\overline{CP} = q R \cos^2 \vartheta$ und $\varrho = R (1 + q \cos^2 \vartheta)$, so daß man für die potentielle Energie $- \alpha m M / R (1 + q \cos^2 \vartheta)$ erhält, oder wenn man $(1 + q \cos^2 \vartheta)^{-1}$ nach dem binomischen Lehrsatz bis auf Glieder erster Ordnung in q entwickelt:

$$- \frac{\alpha m M}{R} (1 - q \cos^2 \vartheta).$$

Bekanntlich ist die potentielle Energie nur bis auf eine additive Konstante definiert, so daß man den ersten, konstanten Term der Klammer weglassen und

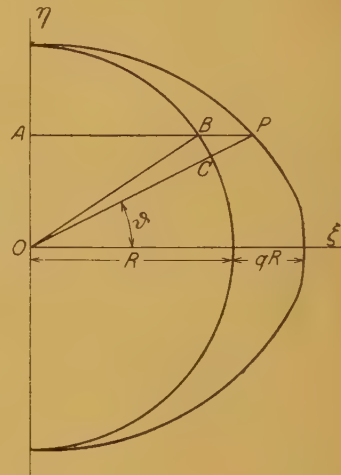


Fig. 1.

einfach $U = \alpha m M q \cos^2 \vartheta / R$ schreiben kann. Hätten wir genauer gerechnet und, statt uns die ganze Masse der Erde in deren Mittelpunkt konzentriert zu denken, die Massenverteilung im Erdsphäroid berücksichtigt, so wäre zu diesem Ausdruck noch ein Zahlenfaktor α hinzugetreten¹⁾:

$$\left. \begin{aligned} U &= \alpha \frac{\alpha m M}{R} \cos^2 \vartheta, \\ L &= \left(\frac{1}{2} R^2 \omega^2 - \alpha q \frac{\alpha M}{R} \right) m \cos^2 \vartheta. \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (4)$$

¹⁾ Faßt man die Erde als homogenes Rotationsellipsoid auf, so ergibt sich dieser Faktor zu $\alpha = 2/5$. Aber auch diese zweite Näherung reicht noch nicht aus, denn sie liefert für q den unrichtigen Wert $1/232$: das Erdsphäroid ist eben nicht homogen. Zum richtigen Werte der Abplattung $q = 1/298$ gelangt man unter der Voraussetzung eines Eisenkerns von der Dichte 8,5, umgeben von einem Simamantel von der Dichte 3,4; der Faktor α wird dann gleich 0,514.

¹⁾ Vgl. auch: W. Köppen, Geografica Annaler, p. 285, 1920.

Die einzige Variable in diesem Ausdruck ist ϑ , es kann also eine Kraft nur in der Richtung wirken, in welcher sich ϑ ändert, d. h. in meridionaler Richtung. Die Größe dieser Kraft ergibt sich aus Formel (1), wenn man berücksichtigt, daß das Längenelement des Erdmeridians $ds = R d\vartheta$ ist, zu

$$\mathfrak{R}_\vartheta = \frac{1}{R} \frac{\partial L}{\partial \vartheta} = - \left(\frac{1}{2} R \omega^2 - \alpha q \frac{\kappa M}{R^2} \right) m \sin 2\vartheta. \quad (5)$$

Ist der betrachtete Körper ein Volumen Wasser an der Oberfläche des Weltmeeres oder ein Volumen Sima an der Oberfläche der Barysphäre, so befindet es sich nur dann im Gleichgewicht, wenn die tangentielle Kraft (5) verschwindet. Die freie Oberfläche des Erdsphäroids muß sich deshalb so einstellen, daß

$$\alpha q \frac{\kappa M}{R^2} = \frac{1}{2} R \omega^2. \quad (6)$$

dann ist die Resultante der angreifenden Kräfte (zusammengesetzt aus Schwerkraft und Fliehkraft) senkrecht zu ihr gerichtet.

Jetzt können wir zu unserem eigentlichen Problem übergehen. Wir denken uns einen Eisberg auf dem Ozean oder eine Sialscholle (von kleiner Ausdehnung) auf dem Simamantel der Erde schwimmend, am einfachsten in Form einer homogenen planparallelen Tafel. Die Tafel möge um eine Höhe, die wir mit $2d$ bezeichnen wollen, über die Oberfläche des Wasser- oder Simaozeans hinausragen, und demzufolge ihr Schwerpunkt um die Strecke d höher liegen als der Schwerpunkt des verdrängten Volumens. Wenn sich also der letztere Schwerpunkt in der Entfernung R vom Erdmittelpunkt befindet, so hat der erstere die Entfernung $R+d$. Um die Lagrangesche Funktion der Scholle zu bilden, brauchen wir deshalb in Gleichung (4) nur $R+d$ an Stelle von R zu setzen:

$$L' = \left[\frac{1}{2} (R+d)^2 \omega^2 - \alpha q \frac{\kappa M}{R+d} \right] m \cos^2 \vartheta.$$

Die Strecke d ist klein gegen den Erdradius R , wir können den Ausdruck L' daher nach Potenzen von d entwickeln und uns auf Glieder bis zur ersten Ordnung beschränken:

$$L' = \left[\frac{1}{2} R^2 \omega^2 - \alpha q \frac{\kappa M}{R} \right] m \cos^2 \vartheta + \left[R \omega^2 + \alpha q \frac{\kappa M}{R^2} \right] m d \cos^2 \vartheta.$$

Bei Berücksichtigung der Relation (6) wird dies:

$$L' = \frac{3}{2} m R d \omega^2 \cos^2 \vartheta. \quad (7)$$

Wenn sich also das verdrängte Volumen in Gleichgewicht befand, so ist die schwimmende Scholle vermöge ihres höher liegenden Schwerpunktes nicht mehr in Gleichgewicht, sondern steht unter der Wirkung einer längs des Meridians nach dem Äquator hin gerichteten Kraft von der Größe:

$$\mathfrak{R}'_\vartheta = \frac{1}{R} \frac{\partial L'}{\partial \vartheta} = - \frac{3}{2} m d \omega^2 \sin 2\vartheta. \quad (8)$$

Wie auch Köppen aus seinen qualitativen Betrachtungen folgert, verschwindet diese Kraft am Pol ($\vartheta = \frac{\pi}{2}$) und am Äquator ($\vartheta = 0$), ihr Maximum befindet sich in der Breite von 45° .

Bei einer größeren Ausdehnung der Scholle muß man berücksichtigen, daß die verschiedenen Teile derselben in verschiedenen Breiten liegen, und über alle ϑ integrieren. Setzt man z. B. voraus, daß die Tafel konstante Dicke hat, von der geographischen Breite

ϑ_1 bis ϑ_2 reicht und seitlich von zwei Meridianen begrenzt wird, so erhält man:

$$\mathfrak{R}' = m d \omega^2 \frac{\cos^3 \vartheta_2 - \cos^3 \vartheta_1}{\sin \vartheta_2 - \sin \vartheta_1} = m d \omega^2 f(\vartheta_1, \vartheta_2). \quad (9)$$

Wir sehen, die Kraft, welche die Scholle zum Äquator hinzieht, ist insofern der Schwerkraft analog, als sie der Masse proportional ist; nur spielt hier die Rolle der Beschleunigung der Faktor $d \omega^2 f(\vartheta_1, \vartheta_2)$. Nach Wegener ist für die Kontinentalschollen $d = 2,5 \text{ km} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ cm}$, während die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation bekanntlich den Wert $2\pi/86164$ hat. Man erhält den numerischen Wert $d \omega^2 = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ cmsec}^{-2}$ und das bedeutet, daß die Beschleunigung der polführenden Kräfte im Verhältnis $1,30 \cdot 10^{-6} f(\vartheta_1, \vartheta_2)$ zur Schwerbeschleunigung ($g = 980 \text{ cmsec}^{-2}$) steht.

Die wichtigste Frage für die Wegenersche Theorie ist die, ob die errechnete Kraft ausreicht, um die Verschiebung der Kontinentalschollen zu erklären. Ist doch der Haupteinwand gegen dieselbe, daß die große Zähigkeit des Simamaterials eine solche Verschiebung unwahrscheinlich mache. Wir wollen uns deshalb die Frage stellen, welchen Reibungskoeffizienten man der Simamasse zuschreiben muß, um unter der Wirkung der Kraft (9) für eine Kontinentalscholle die von Wegener aus paläogeographischen Daten abgeleitete Geschwindigkeit der Fortbewegung von 33 m im Jahr zu erhalten. Es befinde sich eine Schicht zäher Flüssigkeit zwischen zwei festen unendlichen Ebenen, von denen die eine still stehen, die andere sich mit einer konstanten Geschwindigkeit u in sich selbst (parallel der x -Richtung) bewegen möge. Die Hydrodynamik lehrt uns, daß sich diese Bewegung nur unter dauernder Energiezufuhr aufrechterhalten läßt; und zwar ist die Kraft p_{xz} , welche man an die Einheit der bewegten Fläche in der x -Richtung anlegen muß, proportional der Geschwindigkeit u und umgekehrt proportional dem Abstand D zwischen den beiden Flächen:

$$p_{xz} = \mu \frac{u}{D}. \quad (10)$$

Die Proportionalitätskonstante μ bezeichnet man als „Koeffizienten der inneren Reibung“ der Flüssigkeit oder kurz als Reibungskoeffizienten.

Im Falle der Kontinentalschollen ist D die Mächtigkeit des Simamantels der Erde, die zu 1600 km angenommen wird. Bei Berechnung der Kraft p_{xz} pro Flächeneinheit der Scholle kommt es uns nur auf die Größenordnung an, so daß wir in (9) den vom Winkel abhängigen Faktor $f(\vartheta_1, \vartheta_2)$ weglassen können: Bezeichnen wir die Dicke der Scholle mit s , ihre Fläche mit σ , die Dichte des Sialmaterials mit ρ , so wird die Masse $m = \rho \sigma s$. Wenn wir also die Kraft \mathfrak{R}'_ϑ durch die Fläche teilen, so ergibt sich $p_{xz} = \rho s d \omega^2$ und nach (10):

$$\mu = \frac{\rho s d D \omega^2}{u}. \quad (11)$$

Mit $\rho = 2,9$, $s = 50 \text{ km}$, $u = 33 \text{ m/Jahr}$ erhält man den numerischen Wert $\mu = 2,9 \cdot 10^{16} \text{ g cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$. Die Zähigkeit der Sima würde hiernach von derselben Größenordnung sein wie diejenige des Stahls bei Zimmertemperatur, für welche $\text{Barus } 10^{16} \text{ g cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ findet. Ein Befund, der sich in das Gesamtbild unserer Kenntnisse vom Verhalten der Barysphäre gut einordnet.

¹⁾ Von den beiden Indices x und z deutet der erste an, daß die Kraft die x -Richtung hat, der zweite, daß die Fläche senkrecht zur z -Richtung steht.

Wir können unsere Ergebnisse dahin zusammenfassen, daß die zentrifugalen Kräfte der Erdrotation eine Polflucht in dem von Wegener angegebenen Betrage erzeugen können und erzeugen müssen. Neben der Polflucht stellt aber Wegener auch eine Westwanderung der Kontinente als wahrscheinlich hin, die er als sekundäre Wirkung der ersteren Bewegung erklären möchte. In der Tat muß eine nordsüdliche Bewegung von der Geschwindigkeit u nach den bekannten Sätzen über Relativbewegung eine Westabweichung hervorrufen, die Beschleunigung dieser Westwanderung ist jedoch durch die sehr kleine Größe $2\omega u \sin \vartheta$ gegeben. Legt man für u den Betrag von 33 m/Jahr zugrunde, so hat diese Beschleunigung die Größenordnung $1,5 \cdot 10^{-8}$, ist also 10^6 mal kleiner als die Beschleunigung der Polflucht. Daher kommt dieser Effekt für die Erklärung einer Verschiebung der Kontinente nicht in Betracht. Es gibt allerdings eine direkte Ursache, die eine ergiebige west-östliche Bewegung zu erzeugen vermag: die relative Verschiebung zweier Kontinente verlagert den Schwerpunkt der Erde, durch welchen die freie Rotationsachse hindurchgehen muß. Dabei ändert sich auch die Lagrange'sche Funktion des Systems, und zwar erreicht sie ihr Maximum, wenn sich die beiden Kontinente an den beiden Enden eines äquatorialen Durchmessers befinden. Die exakte Durchrechnung dieses Problems bietet große Schwierigkeiten, aber die Größenordnung des Effektes läßt sich leicht abschätzen: Liegen die Schwerpunkte der beiden gleich großen Kontinente am Äquator in den geographischen Längen δ_1 und δ_2 , so erhalten sie entgegengesetzte Beschleunigungen von der Größe $m d\omega^2 \sin(\delta_1 - \delta_2)/M$. Zu dem uns bekannten Ausdruck $d\omega^2$ tritt hier also noch der Faktor m/M hinzu, d. h. das Verhältnis der Masse des Kontinents zur Erdmasse. Die Westwanderung aus dieser Ursache wird daher, wenn wir Amerika und Eurasien als die beiden Kontinente ansehen, etwa 1000 mal langsamer erfolgen als die Polflucht, also mit einer Geschwindigkeit von 33 m im Jahrtausend, welche gleichfalls noch recht gering ist.

Wenn also nach dem Gesagten die Wegenersche Polflucht der Kontinente durch die Zentrifugalkräfte der Erdrotation eine ungezwungene Begründung findet, so scheint der Vorgang der Gebirgsfaltung der Erklärung größere Schwierigkeiten zu bieten. Wir haben gezeigt, daß die polfliehende Kraft sich zur Schwerkraft an der Erdoberfläche verhält wie $1,35 \cdot 10^{-6} \times f(\vartheta_1, \vartheta_2) : 1$. Betrachten wir den günstigsten Fall, daß der Kontinent beiderseits des Äquators beinahe bis zum Pol reicht, so ist der Faktor $f(\vartheta_1, \vartheta_2)$ ungefähr gleich 1, und auf jedem Element des äquatorialen Querschnittes der Scholle lastet der Druck zweier sich verjüngender Streifen von der Länge des Erdquadranten (10^7 m). Dieser Streifen ist in seinen Druckwirkungen einer vertikalen Säule von $10^7 \cdot 1,35 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 13,5 \text{ m}$ Höhe äquivalent, und es ist schwer einzusehen, wie die Zentrifugalkräfte höhere Hügel aufwerfen können als von dieser Größenordnung¹⁾. Nur in Verhältnissen, wie sie

¹⁾ Dieser Bemerkung liegt die Vorstellung zugrunde, daß an der Herstellung des isostatischen Gleichgewichtes die ganze Dicke der Lithosphäre teilnimmt. Trifft das nicht zu, kann die Lithosphäre das Gewicht eines Berges tragen, ohne einzusinken, so ist die gefundene Höhe mit 7 ($= 3,4/(3,4-2,9)$) zu multiplizieren.

etwa in Zentralamerika vorliegen, wo eine verhältnismäßig schmale Landbrücke den Druck zweier riesiger Schollen aushalten muß, könnte man die Auftürmung größerer Massen verstehen. Allerdings sind die statischen Verhältnisse in einer Gebirgslandschaft sehr kompliziert und erfordern große Vorsicht in den Schlußfolgerungen, aber vorläufig scheint es mir, daß die erörterten Ursachen wenig oder gar nichts zur Lösung des Rätsels der Gebirgsbildung beitragen können.

Zum Schluß noch eine Bemerkung über die auf dem Meere treibenden Eisblöcke. Ein oder der andere Leser könnte auf den Gedanken kommen, aus unserer Formel (11) unter Einsetzung des Koeffizienten der inneren Reibung des Wassers die Geschwindigkeit eines Eisberges berechnen zu wollen. Das wäre aber aus mehreren Gründen unzulässig. Erstens ist diese Formel unter der Voraussetzung abgeleitet, daß die Dicke der Flüssigkeitsschicht D , auf welcher die Scholle schwimmt, kleiner ist als die Längen- und Breitenausdehnung der Scholle. Trifft dies nicht zu, so ist an Stelle von D eine Länge von der Größenordnung der Dimensionen des Blockes einzusetzen, die auch von der Form desselben abhängig ist. Wichtiger noch ist der zweite Umstand, daß Formel (11) die Geschwindigkeit in einem Endzustand enthält, wenn die Reibungskräfte des Wassers die polfliehenden Kräfte gerade kompensieren. Ein Eisberg wird aber so langsam beschleunigt, daß seine Lebensdauer gar nicht ausreicht, um diesen Endzustand zu erreichen. Solange die Geschwindigkeit klein ist, kann man die Reibungskräfte vernachlässigen und die Newtonsche Bewegungsgleichung $m d^2s/dt^2 = R'$ ansetzen, woraus man nach (8) erhält:

$$\frac{d^2s}{dt^2} = -\frac{3}{2} d\omega^2 \sin 2\vartheta.$$

Wir wollen nach der Zeit fragen, welche ein Eisberg braucht, um aus der Polnähe bis zu einer Breite von 45° zu gelangen (wo er meistens zugrunde geht). In erster Näherung können wir für $\sin \vartheta$ den mittleren Wert $2/\pi$ auf dieser Strecke einsetzen. Die Beschleunigung der Bewegung wird dann $g = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm sec}^{-2}$ wenn wir für d den ziemlich hoch gegriffenen Wert von 5 m annehmen. Die Zeit, in welcher die 5000 km lange Strecke s zurückgelegt wird, berechnet sich dann nach der bekannten Formel $t = \sqrt{2s/g}$ zu $2,0 \cdot 10^7 \text{ sec} = 230$ Tage. Die genaueren, aus der exakten Lösung der Gleichung ermittelten Werte sind die folgenden: Wenn ein Eisberg von der erwähnten Höhe sich zur Zeit $t=0$ bei 85° in Ruhe befand, so ist er bei 80° zur Zeit $t=130$ Tage, 75° —183 T, 65° —236 T, 55° —277 T, 45° —306 T. Wenn auch im allgemeinen Meeresströmungen diese Erscheinung verdecken, müßte sie sich dennoch darin äußern, daß hohe Eisberge niedrigen vorausseilen. Es wäre interessant, ob ein solches Verhalten wirklich beobachtet wurde. Leiden, den 22. Mai 1921. Paul S. Epstein.

Deutscher Physikertag in Jena. In der Woche vom 19. bis 24. September findet in Jena, an Stelle der in diesem Jahr ausfallenden Naturforscherversammlung, eine gemeinsame Tagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik statt.

Gleichzeitig wird die Deutsche Mathematiker-Vereinigung und die Fachgemeinschaft Deutscher Hochschullehrer der Physik in Jena tagen, unmittelbar vorher die Bunsengesellschaft und die Helmholtzgesellschaft.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 26. (Seite 503—518)

30. Juni 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Auslösung von Zellteilungen bei Pflanzen durch Wundreizstoffe. Von *Ernst G. Pringsheim*, Berlin-Dahlem. S. 503.

Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt. Von *W. Schottky*, Würzburg. (Schluß.) S. 506.

Zoologische Mitteilungen. S. 511—513.

Bienen- und Wespengehirne. Untersuchungen über Intersexualität. Über die Ursachen des Leuchtens der Leucht Bakterien. Untersuchungen

zur Physiologie der Stirnagen bei Insekten.

Mitteilungen aus verschied. Gebieten. S. 513—517.
Über die Serienspektren wasserstoffunähnlicher Elemente. Die Röntgenspektren der Bleisotopen. Elektrizitätserregung durch Aufprall. Änderung der Metalle durch Kaltrecken. (Mit 1 Abbildung.) Die Abgrenzung der Polargebiete.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. 1920. S. 517—518.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das Autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung

Von

E. Bleuler

Professor der Psychiatrie in Zürich

Zweite, verbesserte Auflage

Preis M. 27.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 32.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen. Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40 50 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24. Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 202 20 Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 12100 Julius Springer.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärzteswelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften 1915, 1916 zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Für den Naturfreund und Jäger

Frau Rada's Pelz u. a. Jagdgeschichten u. Abenteuer a. d. nahen Orient v. Dr. Penzoldt, brosch. M. 9.—, geb. M. 12.—, **Grüne Brüche**, Geschichten u. Gesalten aus Berg und Wald vom Mitarbeiterpreis des Deutschen Jägers, broschiert M. 9.—, geb. M. 12.—, **Almrausch**, Jagd- und Bergler-Erzählungen von M. Werk-Buchberg, brosch. M. 9.—, geb. M. 12.—, **Kritik Drucksch.**: Als Zaungast am Herrgottsgarten, broschiert M. 12.—, gebunden M. 15.—. Auf alle Preise 10% Sortimentszuschlag.

Es seien erschienen: **A. v. Scanzoni: Die Aufzeichnungen d. Hyacinth Pfeifferberger**, f. b. Hofjagdschilke f., reich illust. von Prof. Ludwig Schlieffen, in 2 Bänden M. 20.— netto durch Buchhandlungen oder durch den Verlag

F. C. Mayer, G.m.b.H., München, Brienerstr. 9.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Reizbewegung der Pflanzen

Von

Dr. Ernst G. Pringsheim
Privatdozent an der Universität Halle

Mit 96 Abbildungen

1912

Preis M. 12.—

Hierzu Teuerungszuschlag

Jeder Waidmann und Kynologe, der kein



Schießer

ist und dem Jagd- und Neuaufbau vordringlich erscheinen, abonnieren sofort bei seinem Postamt auf die älteste deutsche Jagdzeitung (reich illustriert) „Der Deutsche Jäger“, München, Brienerstr. 9. Monatlich M. 4.25, vierteljährlich M. 12.75. Für sachliche und allgemeine Anzeigen besonders wirksam. Mitarbeitern allorts gesucht.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

30. Juni 1921.

Heft 26.

Die Auslösung von Zellteilungen bei Pflanzen durch Wundreizstoffe.

(Nach den Untersuchungen von G. Haberlandt.)

Von Ernst G. Pringsheim, Berlin-Dahlem.

Eine durchgeschnittene Kartoffel zeigt schon nach wenigen Tagen eine schwache Bräunung der Schnittfläche. Bei mikroskopischer Untersuchung findet man die Stärkekörner in den Zellen unter der Wunde aufgelöst. Dieser parallel haben sich neue Zellwände gebildet. Indem der Vorgang sich wiederholt, entstehen plattenförmige Zellen, die sich mehrfach teilen und Korkzellen aus sich hervorgehen lassen. Die Korkschicht gleicht schließlich der normalerweise die Knolle bedeckenden „Schale“.

In dieser Weise beginnen, abgesehen von jungen embryonalen Geweben, die Wundheilungen bei Pflanzen meist: unterhalb der freigelegten Fläche in unverletzten Zellen, die sich normalerweise nicht mehr teilen würden, entstehen neue Wände. Dadurch werden Zellen herausgeschnitten, die die Fähigkeit wiedererlangen, sich zu teilen und Gewebe von besonderer Beschaffenheit zu liefern. Es entstehen entweder unregelmäßig gestaltete Zellmassen, sogenannter Kallus, oder ein „Folgermeristem“¹⁾, das eine zum Wundverschluß besonders geeignete Korkschicht bildet, wie sie sich auch bei der physiologischen Entwicklung nach Abstoßung der Epidermis einstellt.

Haberlandt (I) fand nun, daß die Teilungen in den Speicherzellen der Kartoffel um so zahlreicher waren, je näher diese den die Knolle durchziehenden Gefäßbündeln lagen, und zwar auch dann, wenn diese keine wasserleitenden Elemente, sondern nur die stoffleitenden Leptomelemente²⁾, d. h. Siebröhren und Geleitzellen, enthielten. Wurden ganz kleine Stückchen aus der Kartoffel herausgeschnitten, die nur aus etwa 50 Speicherzellen bestanden, so waren überhaupt nur dann neue Zellwände entstanden, wenn sie auf eine längere Strecke von Leitbündelfragmenten durchzogen waren. War das Leptombündelchen zu kurz, verlief es also z. B. quer zu der Gewebsscheibe, so unterblieben die Zellteilungen. Entstanden keine neuen Zellwände, so starb das Gewebsstückchen ab. Größere Stücke aus der Kartoffelknolle können auch, ohne daß sie Leit-

bündel enthalten, einige Zellteilungen aufweisen, doch ist der begünstigende Einfluß des Leptoms immer deutlich.

Diese Ergebnisse führten Haberlandt zu der Auffassung, daß von den Leptomzellen ein Stoff gebildet wird, der im Verein mit dem Wundreiz die Speicherzellen zur Teilung anregt. Daß es sich wirklich um eine stoffliche Beeinflussung handelt, zeigten Versuche, in denen bündellose Stückchen mit Hilfe einer Agarschicht auf bündelhaltige geklebt wurden. Auch jetzt traten Teilungen in ersteren auf.

Die Ausdehnung der Versuche auf andere Objekte, wie Stengelstücke von *Sedum spectabile* und *Althaea rosea*, Kohlraubenknollen und Blätter von *Sedum* und *Peperomia* zeigten ganz entsprechende Ergebnisse. Bündellose Stücke der letzteren auf bündelhaltige gelegt zeigten wiederum Teilungen, die sonst ausblieben (II).

Der Umstand, daß größere Gewebstücke von Kartoffeln auch ohne Leptomgegenwart Teilungen aufwiesen, hatte zu der Auffassung geführt, daß der fragliche Reizstoff normalerweise vorhanden ist, aber in zu geringer Menge, als daß er in kleinsten Stückchen Teilungen auslösen könnte (I, S. 339). Eine weitere Arbeit (III) ist nun der Frage gewidmet, ob der Zellteilungsstoff, der in den Urmeristemen vorhanden sein muß und in den Leptomelementen erhalten bleibt, beim Übergang in den Dauerzustand in den anderen Zellen wirklich verschwindet oder nur verdünnt wird. Im letzteren Falle wäre zu versuchen, ob er sich nicht so weit konzentrieren läßt, daß Zellteilungen da zustande kommen, wo sie sonst ausbleiben. Die Aufgabe wurde mit Hilfe der Plasmolyse gelöst. Bringt man Pflanzenzellen in eine wasserentziehende Lösung, so kontrahiert sich das Protoplasma unter Volumenverminderung des Zellsaftes, dessen gelöste Stoffe auf engeren Raum zusammengedrängt, also konzentriert werden. Wurden Zweigspitzen von *Coleus*, Stengelstücke von *Primula* und anderen Pflanzen in Zuckerlösungen getaucht, so traten tatsächlich bisher nie beobachtete Zellteilungen auf, die freilich ohne Kernteilungen auf eine primitive Art zustande kamen. Die Teilung der Kerne hängt also von anderen Bedingungen ab als die der Zellen.

Das hierbei ein Reizstoff in Frage kam, war zunächst noch hypothetisch. Es konnten ja die mechanischen Störungen und Zerreißen des Protoplasmas Anlaß zu den Teilungen sein. Um beide Möglichkeiten zu trennen, wurde die eingetretene Plasmolyse rückgängig gemacht. Die Verletzungen des Protoplasmas konnten dadurch nicht beseitigt werden, wohl aber vielleicht die

¹⁾ „Meristem“ (nach Nägeli), von *μερίζω* teilen: Zellschichten, die durch oft wiederholte Zellteilungen das Material für den Aufbau der Gewebe liefern. „Urmeristem“ stammt vom jungen Gewebe des Embryos ab. Folgermeristem bildet sich nachträglich in schon differenzierten Geweben.

²⁾ „Leptom“ (nach Haberlandt), von *λεπτός* dünn, zart: vorzugsweise dem Transport von Eiweißstoffen dienende Zellen in den Gefäßbündeln.

Folgen der Konzentration des fraglichen Reizstoffes. Zu solchen Versuchen waren die Landpflanzen nicht geeignet, weil ihre Oberfläche zu undurchlässig ist, als daß Wasserentziehung und Wiederzufuhr schnell genug vonstatten gingen. Deshalb wurden zu den folgenden Versuchen (IV) Stücke der Wasserpest (*Elodea densa* und *Elodea canadensis*) verwendet, in denen nach längerer Plasmolyse nachträglich in Wasser wiederum Zellwandbildungen in den Randzähnen der Blätter auftraten. Wurde aber (V) nur 10 Min. resp. ein, zwei und vier Stunden plasmolysiert und die Pflanzen dann in Wasser gebracht, so ergaben sich nach 10 Min. gar keine, nach längeren Zeiten eine wachsende Zahl von Teilungen. Dies spricht deutlich für chemische Einflüsse.

Die entscheidendsten Ergebnisse aber wurden ganz kürzlich veröffentlicht (VI). In Vervollkommnung von Versuchen, die *Olufsen* an Kartoffeln angestellt hat, wurden Wundflächen an Kohlrabiknollen unter der Wasserleitung gründlich abgespült, wodurch die Zahl der Zellteilungen gegenüber den Kontrollen ganz erheblich vermindert wurde. Durch Auftragen eines Gewebekreises konnte die normale Häufigkeit neuer Zellwände wieder hergestellt werden. In ihm muß sich also der Reizstoff bilden können. Daß durch das Abspülen keine vollkommene Unterdrückung der Teilungstätigkeit erreicht wird, liegt offenbar daran, daß es nicht gelingt, den Inhalt der verletzten Zellen völlig zu entfernen. Bei der Kartoffel gelang das noch schlechter, weil Flüssigkeit von der Wunde in die lufthaltigen Zwischenzellräume eindringt und daraus nicht beseitigt werden kann. Ideale Versuchsobjekte wurden dagegen in Blättern von Fettpflanzen, wie *Sempervivum*, *Sedum*, *Echeveria*, *Crassula* und *Bryophyllum* gefunden. Durch einfaches Zerreißen der Blätter gelingt es, die Zellen des fleischigen Blattgewebes so voneinander zu trennen, daß der Riß durch die Interzellularspalten und Mittellamellen geht, ohne daß die Zellen selbst geöffnet werden. Nur die Oberhautzellen werden zerrissen. Die Folge ist, daß Zellteilungen ausbleiben, außer in der Nähe der Epidermis, während durchschnittenen Blätter zahlreiche neue Wände in den Zellen unter der ganzen Wundfläche aufweisen. Durch Auftragen einer kleinen Menge von Gewebesaft konnten wiederum die normalen Teilungen auch in den zerrissenen Blättern erzielt werden. Auch Säfte anderer Pflanzen waren teilweise wirksam, wobei sich jedoch kein strenger Parallelismus zwischen Wirksamkeit und systematischer Verwandtschaft zeigte.

Diese Versuche zeigen besonders schlagend, daß es in den verletzten Zellen gebildete chemische Stoffe sind, die die Teilungen anregen. Über die Bedingungen ihrer Entstehung ist dagegen noch keine Klarheit gewonnen. Dieses Problem wurde in weiteren Versuchen in Angriff genommen, zu denen Haare von *Coleus*-arten, von der *Gesneracee* *Saintpaulia* und von *Pelargonium* verwendet wurden.

Die Haare dieser Pflanzen bestehen aus einfachen Zellreihen. Bei *Coleus* wurden die Spitzen der Haare mit einem Scherenschnitt gekappt. Gewöhnlich ging dann die oberste unverletzte Zelle zugrunde. In diesem Falle traten mehrfache Teilungen in der ihr benachbarten lebengebliebenen auf. Starb dagegen nur die angeschnittene Zelle, so vertrocknete diese zu schnell, als daß sich der Reizstoff bilden oder in die benachbarten Zellen diffundieren konnte, die Teilungen unterblieben. Bei den anderen genannten Pflanzen wurden Teilungen dadurch hervorgerufen, daß durch sanftes Reiben oder Bürsten eine mechanische Verletzung oder auch nur Störung von Zellen erzielt wurde. Besonders interessant sind die letzteren Fälle, weil sie zeigen, daß ein Absterben von Zellen zur Bildung von Reizstoffen nicht erforderlich ist. Diese bilden sich vielmehr auch in den lebenden, aber kranken Zellen und können diese selbst zu Teilungen anregen.

Über die Natur der Reizstoffe drückt sich *Haberlandt* sehr vorsichtig aus. Er nimmt an, daß sie durch die zelleigenen Enzyme entstehen, also durch Autolyse. Einzuordnen wären sie unter die Hormone, wenn man unter solchen Substanzen versteht, die nach ihrem Übertritt in andere Zellen und Gewebe oder auch an Ort und Stelle besondere physiologische Vorgänge auslösen, ohne einfach Nahrungs- oder Baustoffe zu sein. Den Hormonbegriff hat wohl *Fitting* (1910, S. 265) zum erstenmal in die Botanik eingeführt. *F. Weber* gibt eine Zusammenstellung der Fälle, wo Hormonwirkung wahrscheinlich ist. Hier würde es sich dann im besonderen um Wundhormone handeln. Das Vorhandensein solcher Substanzen und ihre Reizwirkung bei den Wundheilungen von Pflanzen, das nun durch *Haberlandt* sichergestellt worden ist, haben mehrere frühere Autoren, unabhängig voneinander, vermutet. So sagt *J. Wiesner* (1892, S. 102): „Diese Tatsache erweckt den Gedanken, die aus den verletzten Zellen hervorgehenden, in die benachbarten Gewebe übertretenden Stoffe als die Ursache der Umwandlung der Dauerzellen in Folgeremistenzellen zu betrachten.“ Doch führt er keinerlei beweiskräftige Versuche an.

Auch *J. Massart* (1898) kommt auf Grund seiner Untersuchungen über Wundvernarbung bei Pflanzen, ohne *Wiesner* zu nennen, zu dem Schlusse: „On ne peut se défendre de l'idée que la surface blessée émet une excitation qui détermine de la part des cellules une série de réactions particulières.“ (S. 36.) „Quant à la nature de cet excitant . . . nous ne pouvons émettre à son sujet qu'une hypothèse. Les faits observés tendent à faire croire qu'il s'agit d'un excitant chimique.“ (S. 41.) Diese Hypothese stützt er durch zwei Beobachtungen. An einem durchgeschnittenen jungen *Sambucus*-zweig saugten die langgestreckten Sekretzellen im Mark Wundsaft auf. Um sie herum entstanden in den Parenchymzellen neue

Wände, die sich auf dem Querschnitt kreisförmig angeordnet zeigten (S. 41 und Fig. 40). Im gleichartigen parenchymatischen Gewebe breitet sich der Wundreiz geradlinig aus, denn die neuen Zellwände sind alle gleichgerichtet und parallel der Wundfläche angeordnet. Sind aber tote Elemente, Gefäß- und Bastbündel dazwischen, so bieten sie der Ausbreitung Hindernisse. Diese werden gewissermaßen seitlich umgangen. Entsprechend dem abgelenkten Diffusionsstrom ordnen sich die neuen Zellwände, wofür er eine Abbildung von *Ricinus* mitteilt (S. 40 und Fig. 41). Wie der Verfasser selbst zugibt, sind das nur Wahrscheinlichkeitsgründe. Nachdem wir nun durch die Untersuchungen von *Haberlandt* genauer Bescheid wissen, sind noch weitere Beobachtungen von *Massart* von Interesse, weil sie einen Einblick in die Bildungsbedingungen der Wundhormone geben. Ein hohler Stengel von *Ricinus* war seitlich zusammengedrückt worden. Es waren dadurch vier Sprünge entstanden, auf den Schmalseiten von außen, auf den Breitseiten von innen, entsprechend der mechanischen Beanspruchung. Um die von außen ins Gewebe eindringenden Risse bildeten sich zahlreiche neue Zellwände in allen verletzten Geweben, die den Grund der Wunde im Querschnitt bogenförmig umzogen. Die an die Wunde grenzenden Zellen waren abgestorben. Die nur mit dem Hohlraum kommunizierenden Innensprünge dagegen zeigten nur ganz wenig tote Zellen und entsprechend fast keine Zellteilungen. Die Reaktion bestand allein in papillenförmigen Vorstülpungen der Markzellen. Neue Zellwände hatten sich also nur da gebildet, wo durch Zerreißen der Oberhaut und unter dem Einfluß der trockenen Luft Zellen zugrunde gegangen waren. Das bloße Auseinanderreißen der Gewebe, wobei offenbar wie bei *Haberlandts* Versuchen mit Sukkulantenblättern, bei den keine Epidermis aufweisenden Geweben die Trennung der Zellen in der Mittellamelle vor sich gegangen war, führte nicht zu Zellteilungen (S. 45 ff. und Fig. 48, 49 und 50). Auch daß bei Wasserpflanzen selten Wundheilungserscheinungen auftreten, ist nun verständlich. Die gebildeten Reizstoffe dürften aus den Zellen herausgelöst werden, bevor sie wirksam werden.

Es gibt noch eine ganze Anzahl von Erscheinungen aus der Anatomie der Pflanzen, die sich auf Grund der *Haberlandtschen* Ergebnisse und Erklärungen kausal deuten lassen. So treten die ersten Zellwände, die zur Bildung des Interfaskularbambiums¹⁾ führen, in den Parenchymzellen der Markstrahlen ziemlich unregelmäßig auf, immer aber in der Nähe des Faskularkambiums²⁾. Dieses besitzt als primäres Meristem nach *Haberlandt* den Zellteilungsreizstoff, von dem offenbar etwas in die Umgebung diffundiert und die dafür empfänglichen Parenchymzellen zur Teilung an-

regt. In den Kotyledonen von *Papaver* sah *Freundlich* (S. 154) bei der sekundären Entstehung von Prokambiumsträngen, die später zu Gefäßbündeln werden, daß in der Nähe der ersten zum embryonalen Zustand zurückgekehrten Zellen bald weitere Teilungen auftreten, anscheinend wieder durch ein diffundierendes Hormon hervorgerufen.

Weitere Beispiele führt *Haberlandt* selbst an (VII, S. 43). Mechanische Zellen mit verdickten Wänden bilden zuweilen noch dünne Querwände, was als Alterserscheinung aufzufassen ist, hervorgerufen durch Reizstoffe, die sich in den Zellen vor dem Absterben bilden. Auch die Fächerungen der Thyllen, d. i. der Ausstülpungen der Parenchymzellen in die Gefäße hinein, die besonders unter Wunden auftreten, können vielleicht auf Wundhormone zurückgeführt werden. Die Belege ließen sich häufen.

Haberlandt (VII, S. 41) teilt die Zellteilungshormone in drei Gruppen: 1. diejenigen, welche in den Meristemen gebildet werden, 2. die, welche das Leptom absondert und 3. die Wundhormone. Sehen wir uns weiter um, so sprechen viele Tatsachen dafür, daß chemische Reizstoffe auch bei der Differenzierung der Gewebe mitwirken, sowohl bei ungestörter Entwicklung, wie auch bei Regenerationsvorgängen. Der Gewebeanschluß der Seitenwurzeln, der Adventivknospen, der Senker der Flachsseide u. ä., die von *Simon* beschriebenen Verbindungen der Wasserleitungsbahnen durch Umwandlung von Mark- und Kalluszellen (I, S. 366ff.; II, S. 407ff.), die Tracheidenbrücken im Blattgewebe nach Durchschneidung der Leitbündel, wie sie *Freundlich* erzielte, sind am besten verständlich, wenn wir annehmen, daß diffundierende hormonartige Substanzen die Umbildung der Zellen regulieren, wie das *Simon* schon als wahrscheinlich angenommen hat.

Schließlich sind Anzeichen dafür vorhanden, daß auch bei Wunden am Tier- und Menschenkörper Reizstoffe, die von absterbenden Zellen ausgehen, die zur Vernarbung führenden Vorgänge beeinflussen. So sagt z. B. *Bier* (S. 9): „Meiner Meinung nach kann man auch nach unseren heutigen Kenntnissen ganz ungezwungen viele Vorgänge bei der Regeneration . . . insbesondere bei der Wundheilung . . . auf Hormonwirkung (im weitesten Sinne gefaßt) zurückführen und dadurch vielleicht tiefer in das Wesen dieser Vorgänge eindringen . . . Die Hormone, die dabei in Betracht kommen, entstehen meiner Meinung nach am Orte der Verletzung . . .“ Es wäre schön, wenn die so klaren Ergebnisse auf botanischem Gebiete zu weiteren erfolgreichen Forschungen über Wundbehandlung führten und auf diese Weise rein wissenschaftliche Untersuchungen auf einem zunächst ganz fern liegenden Gebiete Segen spendeten.

Literatur:

- Bier, A.*, Beobachtungen über Regeneration beim Menschen, 2. Abhandl., Die Ursachen der Regeneration. Deutsche medizin. Wochenschrift 1917, Nr. 27—30.
Fitting, H., I. Die Beeinflussung der Orchideenblüte . . . Zeitschr. f. Botan. 1, 1909.

¹⁾ Zum Aufbau des Holzes dienendes Folgermeristem zwischen den Gefäßbündeln.

²⁾ Dem gleichen Zwecke dienendes Urmeristem in den Gefäßbündeln.

- Fitting, H.*, II. Weitere entwicklungsphysiolog. Untersuchungen ebenda 2, 1910.
- Freundlich, H. F.*, Entwicklung und Regeneration von Gefäßbündeln. Jahrbücher f. wissenschaftl. Bot. 46, 137 (1908).
- Haberlandt, G.*, I. Zur Physiologie der Zellteilung. Sitz.-Ber. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1913, 16, S. 318.
- II. Zur Physiologie der Zellteilung, 2. Mitt., ebenda 1914, 46, S. 1096.
- III. Zur Physiologie der Zellteilung, 3. Mitt., Über Zellteilungen nach Plasmolyse. Ebenda 1919, 20, S. 322.
- IV. Zur Physiologie der Zellteilung, 4. Mitt. Ebenda 1919, 39, S. 721.
- V. Zur Physiologie der Zellteilung, 5. Mitt., Über das Wesen des plasmolytischen Reizes bei Zellteilungen nach Plasmolyse. Ebenda 1920, 11, S. 323.
- VI. Zur Physiologie der Zellteilung, 6. Mitt., Über Auslösung von Zellteilungen durch Wundhormone. Ebenda 1921, 8, S. 221.
- VII. Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beitr. zur allgem. Botanik 2, 1 (1921).
- Massart, J.*, La cicatrisation chez les végétaux. Mém. de l'Acad. roy. de Belgique t. 57 (1898).
- Olufsen, L.*, Untersuchungen über Wundperidermbildung an Kartoffelknollen. Beihefte zum botan. Ztbl. 15, 269 (1903).
- Simon, S.*, I. Experim. Untersuch. über die Entstehung von Gefäßverbindungen. Ber. d. D. Bot. Ges. 26, 364 (1908).
- II. Experim. Untersuch. über d. Differenzierungsvorgänge im Callusgewebe von Holzpflanzen. Jahrbücher f. wissenschaftl. Bot. 45, 351 (1908).
- Weber, F.*, Hormone im Pflanzenreich. Naturwissenschaftl. Wochenschrift 35, 241 (1920).
- Wiesner, J.*, Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebend. Substanz, Wien 1892.

Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt.

Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung.

Von W. Schottky, Würzburg.

(Schluß.)

Unsere bisherige Schilderung des Entwicklungsganges der modernen Physik mußten wir mit einer ziemlich niederdrückenden Feststellung beschließen: nicht nur die tatsächlichen Aussagen der älteren „Fernkraft-“ und der neueren „Äther“-Physik treffen im Gebiet „schneller“ Vorgänge nicht zu; die Diskrepanz mit der Erfahrung ist vielmehr so tief, daß nicht einmal die formalen Grundlagen dieser Theorien beibehalten werden können. Wir wissen, genau genommen, zurzeit weder, was wir (bei schnellen physikalischen Vorgängen) als die meßbaren Größen anzusehen haben, noch, welcher Art die neu aufzusuchenden Gesetze sein müssen; die Annahme der raumzeitlichen Nahewirkung, die uns als präzierte Form des Kausalgesetzes schon in Fleisch und Blut übergegangen war, scheint aufgegeben werden zu müssen.

Wie ein Wunder steigt nun aus diesem Trümmerfeld der Bau der Quantentheorie empor. Mit ganz wenigen Gesetzen, ganz wenigen Annahmen, die alle den tieferen, soeben berührten Fragen auszuweichen scheinen, ist — das wird niemand leugnen können — eine Fülle von Gesetzmäßigkeiten umfaßt und geordnet,

für die die so viel genauere und detailliertere Feldtheorie keine Erklärung hatte. Zunächst eine ganz allgemeine Feststellung, die uns den Namen dieser Theorie erklärt: bei allen schnellen Vorgängen, bei denen die Nahewirkungstheorie versagt, mag es sich nun um die Wärmebewegung der Atome oder selbst die Bewegungen innerhalb der Atome handeln, um Lichtwellen oder um die Wirkung von Röntgenstrahlen, sind die Vorgänge, soweit man sie überhaupt direkt oder indirekt messend verfolgen kann, durch Gesetzmäßigkeiten beherrscht, in denen immer wieder ein und dieselbe Zahl auftritt, von der man früher nichts wußte, das sogenannte Plancksche „Wirkungsquantum“. Über die genaue Bedeutung dieser Zahl herrscht noch völlige Unklarheit und verschiedene Ansichten stehen einander schroff gegenüber; festzustehen scheint nur, daß gerade dieses Wirkungsquantum es ist, welches eine Gruppe von unendlich vielen nach der Nahewirkungstheorie möglichen Bewegungen, Feldzuständen usw. zu einer gewissermaßen starren Einheit zusammenfaßt, an Stelle des unbestimmten, unendlich Beweglichen etwas Bestimmtes, Einfaches setzt.

Was damit gemeint sei, kann natürlich erst an Beispielen klar werden. Wohl jeder naturwissenschaftlich Interessierte hat sich schon einmal über den Unterschied zwischen *Physik* und *Chemie* den Kopf zerbrochen. In der Physik ist — oder schien wenigstens bisher — alles Beweglichkeit, Veränderung, Übergang; in der Chemie kennen wir nur Stoffe mit *stufenweise* verschiedenen Eigenschaften, zwischen denen es keinen Übergang gibt. Das erscheint noch merkwürdiger nach den neueren Forschungen, die erkennen lassen, daß die Bestandteile der verschiedenen Stoffe, und zwar nicht nur der chemischen Verbindungen, sondern der chemischen Elemente selbst, durchweg dieselben sind; einige wenige (vermutlich zwei) verschiedene „Bausteine“ genügen, um in verschiedener Anordnung, Zahl und Bewegung die ganze Mannigfaltigkeit der chemischen Elemente, die ganze Mannigfaltigkeit der Welt aufzubauen. Wäre nun für diese Bausteine innerhalb der Atome die früher angenommene vollständige Beweglichkeit vorhanden, so müßten wir in einem Raum, in dem wir eine bestimmte Anzahl solcher Bausteine zusammen tun — gleichviel, in welcher Gestalt, ob als Diamant oder als Schweizerkäse —, nach einiger Zeit unter dem Einfluß der gegenseitigen Bewegungen und Kraftwirkungen dieser Bausteine aufeinander, ein durchaus verwaschenes Stoffgemenge erhalten, dem es auf keine Weise mehr anzumerken wäre, woraus es ursprünglich entstand. Ferner würde sich ein solches beliebig in sich bewegliches Gemenge von Bausteinen gegenüber der Wärmebewegung so ähnlich verhalten, wie wir es oben an dem in sich völlig beweglichen Tropfen am Boden unseres Wärmekastens gesehen haben: Es würde imstande sein, ein enormes Maß von Wärmebewegung in sich aufzuspeichern, d. h. seiner

Umgebung zu entziehen, jedenfalls 10- und 100-mal mehr, als in Wirklichkeit der Fall ist.

Die Quantentheorie — wir verdanken diese Betrachtungsweise nächst *Einstein*, der die grundlegende „erste Quantenhypothese“ eingeführt hat, dem Dänen *Niels Bohr* — zeigt nun folgendes. Nimmt man an, daß zwischen den verschiedenen Bausteinen eines Atoms, die wir uns alle mit einer unveränderlichen elektrischen Ladung, teils positiv, teils negativ, versehen zu denken haben, die bekannten Anziehungs- und Abstoßungskräfte der alten Elektrizitätslehre (Coulombsche Kräfte) wirken; nimmt man ferner an, daß, wie es durch diese Art von Kräften bedingt ist, diese Bausteine sich in ständiger reisender Bewegung um- und nebeneinander befinden, ähnlich, aber doch etwas anders, wie Planetensysteme im Weltraum; und setzt man schließlich voraus, daß nicht alle von diesen Bewegungen möglich sind, sondern nur solche, die mit dem vorhin genannten Wirkungsquantum in einer ein für allemal festgelegten Beziehung stehen, so daß also der Übergang von einer Bewegung zur anderen immer eine sprunghafte Veränderung bedeutet: dann kann man nicht nur die merkwürdigen Annahmen der Chemie und das geringe Wärme-Aufspeicherungsvermögen der Atome prinzipiell physikalisch erklären, sondern eine verheißungsvolle Entwicklung läßt uns hoffen, selbst die verschiedenen chemischen Eigenschaften der verschiedenen Stoffe aus ihrem, durch „Quantenbedingungen“ bestimmten Aufbau verstehen zu können.

Stellt man nun aber die genauere Frage: wie vollzieht sich so ein Sprung aus einer „Bahn“ in die andere, unter welchen Bedingungen tritt er ein, wie verläuft er, wie lange dauert er usw., so sieht sich die Theorie vollständig außerstande, darauf eine Antwort zu geben. Doch gibt es eine direkte Beobachtung, die zeigt, daß es mit dieser sprunghaften Änderung des Atoms doch etwas auf sich haben muß. Man hat in einem luftverdünnten Raume elektrisch geladene Teilchen (Elektronen) auf Atome aufprallen lassen und die Bewegungsänderung dieser Elektronen bei dem Stoß studiert. Da zeigte sich, daß bei nicht allzugroßen Geschwindigkeiten das betreffende Elektron vollkommen „elastisch“ von den Atomen abprallte, seine Geschwindigkeit um nichts vermindert war. Steigerte man jedoch die Aufprallgeschwindigkeit der Elektronen, so gab von einer bestimmten Geschwindigkeit an das Elektron plötzlich seine ganze Energie an das Atom ab, und in diesem ging zugleich eine Veränderung vor, die ein sichtbares Leuchten hervorrief. Wenn wir noch hinzufügen, daß die Quantentheorie die Geschwindigkeit des auftreffenden Elektrons, bei der dieser Vorgang einsetzt, aus den Eigenschaften des Atoms richtig berechnen konnte, so haben wir hier unzweifelhaft eine Bestätigung für die Richtigkeit der Grundannahmen zu sehen.

Nun aber zu der eigentlichen Frage: was

sagt die Quantentheorie über die Wechselwirkung zwischen der Materie und jenen Vorgängen aus, die man früher als Äthervorgänge, und die wir allgemeiner als Nahewirkungs- oder Feldvorgänge bezeichneten? Betrachten wir irgendeinen „schnellen“ Feldvorgang, z. B. die Aussendung einer Lichtwelle, die dann vielleicht durch irgendwelche lichtbrechenden Körper hindurchgeht und schließlich irgendwo verschluckt (absorbiert) wird. Von dieser Lichtwelle kennt die Quantentheorie nicht die unzählige Mannigfaltigkeit der durcheinander wirbelnden elektrischen und magnetischen Feldstärken, sondern nur ganz wenige Eigenschaften, die aber dafür meßbar sind, nämlich die „Frequenz“ oder „Wellenlänge“, die sich durch den Grad der Ablenkung in einem lichtbrechenden Körper bestimmen läßt, außerdem noch die Richtung des Lichtstrahles (diese aber bloß mittelbar erschlossen aus der Kenntnis der Orte, wo er ausgesandt und verschluckt wird), seine Stärke (Energie) und seine „Polarisation“¹⁾. Die grundlegende Beziehung der Quantentheorie stammt auch hier wieder von *Einstein*, nämlich die Beziehung zwischen der Stärke (Energie) des ausgesandten Lichtes und seiner Frequenz oder Wellenlänge. Und zwar ist das Verhältnis dieser beiden Größen nach *Einstein* einfach durch das schon mehrfach genannte Wirkungsquantum bestimmt.

Die Frequenz eines Lichtstrahles wird durch seine Ablenkbarkeit gemessen, sagten wir, wie aber die „Energie“? Nun, dieses Bestimmungsstück setzt eben schon einen Ersatz der ungeheueren Mannigfaltigkeit der Bestimmungsstücke der Nahewirkungstheorie durch eine einzige Größe, eine mit der Nahewirkungstheorie nicht vereinbare Zusammenfassung eines früher sehr kompliziert gedachten Vorganges zu einem einzigen, einfachen, voraus. Und da wir, wie wir sahen, von den Äther- oder Feldvorgängen nichts messen können, als ihre Wirkung auf die Materie, so wird auch die Energie eines Lichtstrahles aus der Rückwirkung auf die Materie, die er verlassen hat, und aus der Wirkung auf die Materie, auf die er auftrifft, zu erschließen sein. Die Materie kann nun, so sagten wir, ihre Energie nur sprunghaft ändern; also kann auch die Wirkung des Lichtes auf die Materie nur die sein, daß ein Atom sprunghaft Energie verliert oder gewinnt, indem seine einzelnen Bausteine sprunghaft von einer „Bahn“ in die andere geworfen werden. Die von *Bohr* gezogene Folgerung der genannten Einsteinschen Hypothese zusammen mit den Vorstellungen, die die „mögliche Bahn“ zu berechnen, ihren Energieunterschied für die verschiedenen Atome von vornherein zu bestimmen gestatten, ist also ein bestimmtes chemisches Element (mit bestimmten Energieunterschieden seiner verschie-

¹⁾ Dazu kommt vielleicht noch, in ihrer quantentheoretischen Bedeutung allerdings noch fast unverständlich, die sogenannte „Interferenzlänge“ einer Lichtwelle.

denen möglichen Bahnen) kann nur Licht von bestimmter, aus dem Elementarquantum und jenen Energieunterschieden von vornherein berechenbarer Frequenz aussenden und absorbieren.

Die in vielen Stücken außerordentlich weitgehende Bestätigung dieser Folgerung ist es nun wohl vor allem, die die Quantentheorie bereits heute zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel der Atomforschung und der Spektroskopie (d. h. der Lehre von der Bestimmung der verschiedenen in einem Lichtvorgang enthaltenen Wellenlängen) macht. Hier liegt bereits ein Material von gesicherten Beziehungen und Resultaten vor, das nie wieder wird aufgegeben werden können²⁾.

Und ganz zuletzt sei noch eine anscheinend sehr indirekte Folgerung aus der Theorie hervorgehoben, die aber in Wirklichkeit der Ausgangspunkt aller dieser Betrachtungen und der Anfang zur Entdeckung des Wirkungsquantums war: es ist die Theorie der Wärmestrahlung, deren mit allen Feldwirkungstheorien in krassem Widerspruch stehenden Gesetze zuerst, unter freilich zunächst sehr vorsichtiger und bedingter Abweichung von den früheren Vorstellungen, abgeleitet zu haben, das unsterbliche Verdienst von *Max Planck* (etwa 1896—1902) ist.

Dies nur eine ganz summarische Übersicht; wichtigste Beziehungen und hochverdiente Forscher auf diesem Gebiete sind unerwähnt geblieben. Alles in allem handelt es sich um eine Fülle von neuen Erkenntnissen und Entdeckungen, deren sich die bekanntesten Zeitalter der klassischen Physik nicht zu schämen brauchten. Und doch bleibt bestehen, was wir vorhin sagten: die alte Physik ein Trümmerfeld und die neue ein Wunderbau, von dem wir nicht wissen, worauf er steht.

Um das zum Schluß recht deutlich vor Augen zu führen, betrachten wir jetzt ein Gebiet, in dem es sich zwar um „schnelle“ Vorgänge handelt, die fraglos den quantentheoretisch summarischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen sind, in deren Berechnung und Beschreibung aber die Nahewirkungstheorie mit vollem Glück und unvermindertem Ansehen das Feld behauptet, während die Quantentheorie vorläufig hilflos beiseitesteht. Es handelt sich dabei um das Gebiet der so unendlich mannigfaltigen Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen des Lichtes aller Wellenlängen, von den Wellen der drahtlosen Telegraphie an bis zu den äußerst kurzwelligen Röntgenstrahlen, deren Wellenlänge nur Bruchteile eines Atomdurchmessers betragen kann. Und selbst für diese kürzesten Wellen, diese schnellsten Vorgänge, hat man bei der Beobachtung der Strahlenablenkung und Interferenz

noch nie einen deutlichen Widerspruch gegen die Annahmen der Nahewirkungstheorie, insbesondere die Maxwell-Lorentzsche Theorie, gefunden. Das scheint nur für die Quantentheorie, oder genauer: für alle ausmalenden Vorstellungen, die man sich bisher von dem Wesen der Quantentheorie gebildet hat, ein ganz unlösbares Rätsel. Die Überlegungen darüber gehören zu den schwierigsten, die die moderne Physik kennt; da der Leser jedoch mit mir schon durch so viele Gestrüppe und Dornen gewandert ist, werden wir auch vor diesem letzten Stacheldraht Hindernis nicht zurückschrecken.

Wenn sich in der Nähe eines lichtaussendenden Körpers (z. B. einer Glühlampe) eine beliebige Mannigfaltigkeit von lichtbrechenden Körpern (Prismen, Linsen usw.), von Licht beugenden Körpern (in der messenden Physik: „Beugungsgitter“, in der Natur: ganz feine Fäden, Staubteilchen usw.) sowie endlich von Licht spiegelnden Körpern befindet, und wir bringen irgendwo in den Raum einen lichtabsorbierenden Körper (z. B. eine photographische Platte, auf der wir gleich die empfangenen Lichteindrücke durch Entwickeln und Fixieren für beliebige spätere Untersuchungen festhalten können), so wissen wir ganz genau, daß die Schwärzung dieser Platte an einer einzigen Stelle nicht nur von den brechenden, beugenden usw. Körpern abhängt, die sich auf einem einzigen, wenn auch noch so komplizierten, Lichtwege zwischen den strahlenden und den absorbierenden Körpern befinden, sondern es ist für die Schwärzung an dem betrachteten Punkte tatsächlich die Gesamtheit aller das Licht beeinflussenden Körper (einschließlich der ganzen photographischen Platte selbst) maßgebend.

Nun hatten wir gesehen, daß die Quantentheorie die Existenz gewisser in sich zusammenhängender und demnach von den übrigen Vorgängen irgendwie abgeschlossener Lichteinheiten oder „Lichtquanten“ verlangt; denn wir hatten ja angenommen und durch viele Beziehungen bestätigt gefunden, daß zu einer bestimmten Frequenz oder Wellenlänge des Lichtes immer eine bestimmte Elementarenergie gehört, die imstande ist, in den vom Licht getroffenen Körpern bei der Absorption Energieänderungen hervorzurufen, die dieser vermuteten Energie gleich sind. Die nächstliegende Vorstellung zur Deutung dieser Annahme oder Tatsache ist nun offenbar die, daß das Licht sich etwa in Gestalt eines ganz kleinen Körperchens von der Lichtquelle (unserer Glühlampe) löst, die „durchsichtigen“ Körper glatt durchfliegt, in den lichtbrechenden eine Ablenkung erfährt und dann schließlich bei den lichtabsorbierenden Körpern ankommt und hier seine Energie dem betreffenden Atom mitteilt, auf das es auftrifft, von dem es verschluckt wird (spezielle Lichtquantenhypothese).

Wenn das richtig wäre, so könnte man, falls man den betreffenden Lichtweg kennt, alle Körper, durch die der Lichtweg nicht hindurchgeht,

²⁾ Hierbei braucht nicht verschwiegen zu werden und es wird von manchen Forschern mit Recht hervorgehoben, daß es nicht immer und nicht alles stimmt; doch scheinen die durch die Quantentheorie nicht erklärbaren Tatsachen sich bisher mehr auf Gebieten zu finden, in denen die Theorie überhaupt noch keine strengen Aussagen macht, als daß bestimmte Aussagen von ihr durch die Erfahrung widerlegt würden.

aus der Umgebung der Glühlampe und der photographischen Platte wegnehmen und von den Körpern, die den Lichtweg enthalten, selbst noch alles bis auf eine ganz schmale Bahn wegschneiden; dann müßte die Lichtwirkung auf die photographische Platte trotzdem dieselbe bleiben oder genauer: da es zwischen der Glühlampe und einem Punkt der photographischen Platte wahrscheinlich sehr viele Lichtwege gibt, so müßte man im Effekt dieselbe Schwärzung erhalten, wenn man *nacheinander*, immer eine gewisse Zeit lang, dem Strahl alle möglichen Lichtwege offenläßt, als wenn man *gleichzeitig*, aber dafür desto kürzere Zeit, dem Licht die ganzen Lichtwege zur Verfügung stellt.

Das ist nun nach dem, was wir soeben festgestellt haben, ganz sicher nicht der Fall. Die Wirkung ist in beiden Fällen eine ganz verschiedene. Wenn also an der Hypothese von den „Lichtquanten“ überhaupt etwas Wahres ist, so können diese Lichtquanten nicht punktförmig sein, sondern müssen — und das ist durch besondere Versuche immer wieder bestätigt worden — eine ziemlich große Ausdehnung besitzen, und zwar so, daß derselbe Raum gleichzeitig von verschiedenen Lichtquanten eingenommen werden kann; oder, wenn wir uns die Energie eines Lichtquanten doch in einem Punkte vereinigt denken wollen, was deshalb nahe liegt, weil die ganze Energie ja von einem Atom abgegeben und von einem einzigen anderen wieder verschluckt wird, so dürfen wir wenigstens nicht annehmen, daß der Weg dieses „Lichtknotens“ (die Vorstellung stammt von *Einstein*) nur von den auf einer einzigen Bahn (Lichtweg) vorhandenen ablenkenden Körpern abhängt.

Gut: also so ein Lichtknoten, wenn er aus einem Atom austritt, streckt gewissermaßen geistige Fühler nach allen Seiten aus, die die Materie in ziemlich weiter Umgebung abtasten, vielleicht auch sich mit den Fühlern anderer gleichzeitig fliegender Lichtknoten berühren und ihm so seine Bahn vorschreiben. Hier entsteht aber folgendes Dilemma: da der Lichtknoten selbst, wie unbedingt angenommen werden muß, sich mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegt, so müssen sich die „Fühler“ entweder mit Überlichtgeschwindigkeit ausstrecken und ebenso das Resultat ihrer „Tastversuche“ dem Lichtknoten mit Überlichtgeschwindigkeit mitteilen; das ist durch wohlbegründete relativitätstheoretische Gesichtspunkte so gut wie ausgeschlossen. Oder der Lichtknoten muß seine Fühler schon auszustrecken beginnen, *ehe* er das Atom verlassen hat, und die Nachrichten müssen ihm dann auf seinem Wege von allen Seiten mit Lichtgeschwindigkeit zu-eilen; so etwas müßte sich aber unzweifelhaft in den Gesetzen der Lichtbewegung irgendwie wieder spiegeln, und in Wirklichkeit deutet nicht das geringste Anzeichen auf derartiges hin. Von anderen Schwierigkeiten (z. B. daß das Lichtquant unter Umständen seine Fühler schon ausgesandt

haben müßte, ehe das Atom überhaupt in einem Zustande ist, in welchem es die betreffende Frequenz emittieren kann) gar nicht zu reden.

Nun noch ein ganz anderer Versuch: die Nahewirkungstheorie, die Lorentzsche Feldtheorie im besonderen, wird unverändert beibehalten, nur ihre *Bedeutung* wird geändert. Die berechneten Feldstärken des elektromagnetischen Feldes geben jetzt nicht mehr reelle Größen an, sondern bedeuten gewissermaßen nur die Schaffung eines Rahmens, in dem sich die eigentliche Handlung, die quantenhafte Aussendung und Absorption von Licht, abzuspielen hat. Mit anderen Worten: die Lorentzschen Gleichungen bestimmen nur die *Häufigkeit*, mit der die vermuteten quantenhaften Elementarprozesse sich abspielen. Aber auch dieser, auf den ersten Blick recht verlockende Weg ist nicht gangbar. Denn — ich verdanke diesen Gesichtspunkt einer persönlichen Mitteilung von Herrn Prof. *Einstein*, mit dem ich öfter über solche Dinge zu sprechen den Vorzug hatte — es läßt sich zeigen, daß bei dieser Annahme die Sätze von der Erhaltung der Energie und Bewegungsgröße nicht genau erfüllt sein können, und daß im Laufe genügend langer Zeit auf diese Weise eine beliebig große Bewegung aus nichts entstehen könnte. Auch hiermit ist es also nichts.

Was bleibt dann noch übrig? Doch wohl nur, daß man auf eine Erfassung der Vorgänge im „leeren Raum“ zwischen der Materie zunächst überhaupt verzichten und zwischen den einzig meßbaren Größen, nämlich den Veränderungen der vom Licht getroffenen Materie Beziehungen aufzustellen versucht. Hierbei scheinen zwei Gesichtspunkte besonders wichtig zu sein. Der eine betrifft die besonders von *Einstein* untersuchten „Stoßwirkungen“ des Lichtes auf die Materie, die Licht aussendet, bricht, spiegelt oder verschluckt. *Einstein* zeigt, daß die Materie in allen diesen Fällen einen (in Wirklichkeit allerdings sehr kleinen) Rückstoß erfahren muß, der genau so groß ist, als wenn die ganze Lichtenergie des betreffenden Elementarquantums sich nur nach *einer* ganz bestimmten Richtung fortbewegt. Hieraus folgt mit Notwendigkeit³⁾, falls man außer dem Satz von der Erhaltung der Bewegung noch den von der Erhaltung der Drehbewegung zu Hilfe nimmt, daß die Absorption eines in bestimmter Richtung ausgesandten Lichtquanten *nur in einer ganz bestimmten unendlich dünnen „Schußlinie“ stattfinden kann*.

Wir kommen gleich hierauf zurück, nachdem wir den anderen Gesichtspunkt noch kurz gewürdigt haben. Dieser betrifft eine für unsere Zwecke sehr erwünschte Darstellung der Lichtvorgänge, die in ihren Aussagen und Forderungen mit der Lorentzschen Theorie vollständig gleichbedeutend ist, jedoch keine anderen Zustände, keine anderen Begriffe ins Auge faßt, als die,

³⁾ Nach einer bisher unveröffentlichten Betrachtung des Verfassers.

welche sich auf die Licht aussendende, brechende oder verschluckende *Materie* beziehen. Daß eine solche Darstellung schon in der früheren Nahwirkungsphysik möglich war, gibt jedenfalls zu denken, und es ist nächst *H. A. Lorentz* besonders das Verdienst des geistreichen, leider früh verstorbenen Physikers *Ritz*, diese Tatsache hervorgehoben zu haben. Diese Darstellung hat allerdings den Nachteil, daß sie nicht unmittelbar den zwangsweisen Ablauf der Vorgänge aus einem zu einer bestimmten Zeit gegebenen Momentanzustand der Welt (— wir sprachen am Anfang wiederholt hiervon —) erkennen läßt; nachdem aber durch die Relativitätstheorie der Begriff der Gleichzeitigkeit derart verwischt ist, daß man je nach Wahl des „Bezugssystems“ die verschiedensten Vorgänge (innerhalb gewisser Grenzen) als „gleichzeitig“ ansprechen kann, wird man diesen Mangel nicht mehr so schroff empfinden wie früher. Und von besonderer Bedeutung scheint es nun zu sein, daß die eben erwähnte Lorentz-Ritzsche Darstellung durch die sogenannten „retardierten Potentiale“ für die Erscheinungen an bestimmten materiellen Teilchen die Zustände aller anderen materiellen Teilchen zu einer Zeit maßgebend sein läßt, die man, indem man jedesmal das Bezugssystem entsprechend wählt, zur Not noch als „gleichzeitig“ betrachten kann; es ist nämlich jedesmal die Zeit, die das Licht braucht, um von dem einen Teil zum anderen zu gelangen⁴⁾. Nimmt man nun hinzu, daß das ganze Schema der Kausalitätsbetrachtung der Nahwirkungstheorie ohnehin brüchig geworden ist, und daß irgendwelche „Fernwirkungen“ eingeführt werden müssen, so wird man noch am ersten geneigt sein, diese Lorentz-Ritzschen raum-zeitlichen Fernwirkungen in der neuen Theorie beizubehalten. Jetzt aber — und das ist das Wichtige — nicht mehr in der Weise, daß das Verhalten eines Teilchens *A* die Folge des zu den ein wenig früheren Zeiten vorhandenen Zustandes der übrigen Teilchen *B*, *C* usw. ist, sondern, indem wir die entsprechenden Vorgänge bei *A*, *B*, *C* usw. als „gleichzeitig“ erklären, unterscheiden wir überhaupt nicht mehr zwischen Ursache und Wirkung, sondern stellen nur noch Beziehungen zwischen den Zustandsänderungen der verschiedenen Teilchen fest.

Nun kommen wir auf das vorhin über die „Schußlinie“ Gesagte zurück. Ginge der „Schuß“ von dem lichtaussendenden Teilchen ohne Ziel ganz zufällig, oder bloß durch die inneren Verhältnisse des Teilchens bedingt, aus, so wäre es fast unmöglich, daß das abgeschossene Licht-

quant irgendwo absorbiert würde, denn die Wahrscheinlichkeit, daß der Schuß durch das „Zentrum“ eines Atoms hindurchginge, wäre außerordentlich klein. Nehmen wir aber an, daß der „Abschußort“ und das „Ziel“ sowie alle zwischenliegenden ablenkenden Teilchen von vornherein in Beziehung zueinander stehen, so wird es uns nicht wundern, wenn der Schuß trifft.

Diese Annahme, die, wie ich stark hervorheben möchte, bisher nicht mehr als eine bloße Vermutung ist, würde allerdings die Ansichten über den Kausalzusammenhang der Naturereignisse vollständig umgestalten. Nach der bisherigen Auffassung hatte man sich den Ablauf der Ereignisse, das Geschehen, etwa wie einen ständig und gleichmäßig fließenden Strom vorzustellen; indem man sich durch diesen Strom einen Querschnitt gelegt dachte und alle Eigenschaften des Stromes in diesem Querschnitt genau untersuchte, glaubte man alles, was diesseits und jenseits des Querschnittes lag, mit Hilfe der Naturgesetze ermitteln, d. h. man glaubte mit Hilfe der Naturgesetze von der Gegenwart auf die ganze Vergangenheit und Zukunft schließen zu können. Wenn jedoch in der ausgesprochenen Vermutung ein richtiger Kern steckt, so hat das Naturgeschehen gar nicht den Charakter eines gleichmäßig fließenden Stromes, und es ist gar nicht möglich, an einer beliebigen Stelle einen Querschnitt hindurchzulegen, sondern indem man das Messer ansetzt, gerät man sofort auf ein Gewirr von unzerreißbaren Fäden, die (wenn wir jetzt wieder zur üblichen einheitlichen Zeitmessung zurückkehren) in die Vergangenheit und Zukunft hineinreichen und sich nur im ganzen mit herausheben, aber nicht durchschneiden lassen. Würden sich nun diese Fäden unendlich weit nach beiden Seiten erstrecken und vollkommen fest miteinander verwachsen sein, so wäre es allerdings überhaupt nicht möglich, von der Gegenwart auf Vergangenes und Zukünftiges zu schließen; man würde dann bei jedem Versuch eines Querschnittes das ganze Gewebe der Vergangenheit und Zukunft mit herausheben müssen und es bliebe nichts mehr übrig, was sich irgendwie als Ursache und Wirkung deuten ließe. In Wirklichkeit sind aber — und das ist ein Punkt, der unsere Vermutung überhaupt erst möglich macht — die „Fäden“ nicht unendlich lang, sondern sie haben Anfang und Ende, d. h. die Vorgänge, die mit der Aussendung und Absorption einer gewissen elementaren Lichtenergie verbunden sind, sind ihrerseits ohne unmittelbare Ursachen und ohne unmittelbare Wirkung⁵⁾.

⁴⁾ Da man nach der Lorentz-Einsteinschen Abplattungstheorie die gemessene Entfernung zwischen zwei Punkten durch geeignete Wahl des Bezugssystemes beliebig verkleinern kann, während die Lichtgeschwindigkeit immer dieselbe bleibt, ergibt sich, daß man in einem solchen Bezugssystem die Zeit, die das Licht braucht, um von einem Punkte zum anderen zu gelangen, beliebig klein werden lassen kann.

⁵⁾ Es hängt dies damit zusammen, daß nach der Annahme der Quantentheorie die Materie bloß eine beschränkte Reihe verschiedener Zustände, sogenannter Quantenzustände, einzunehmen imstande ist, und daß ein solcher Zustand anscheinend kein Merkmal seiner Entstehungsgeschichte mehr in sich trägt und ebenso wenig ein Merkmal, wie und wann er sich in einen anderen „Quantenzustand“ verwandeln wird. Diese Annahme, daß die elementaren Änderungen der

Außerdem sind, solange nicht astronomische Beobachtungen in Frage kommen, die Zeiten, über die sich diese Vorgänge erstrecken, auch nach unserem gewöhnlichen Maßstabe außerordentlich kurz. Aus etwas größerer Entfernung gesehen, sieht also unser Querschnitt nicht viel anders aus als der frühere, und aus größerer Entfernung gesehen, wird der Verlauf unseres Stromes vor und hinter dem Querschnitt nicht viel anders sein und mit dem Zustande in dem Querschnitt selbst in nicht viel anderem Zusammenhang stehen als es die frühere Theorie annahm. Nur bei genauerer Betrachtung stellt sich heraus, daß auch die Ergebnisse in der Vergangenheit und Zukunft dann fadenartige „Struktur“ haben müssen, und die genaue Lage, Anfang und Ende dieser Fäden lassen sich überhaupt nicht aus dem Zustand unseres Querschnittes bestimmen, sie stehen, wie wir es schon sagten, außerhalb der Beziehungen von „Ursache“ und „Wirkung“⁶⁾. Was durch den Kausalbegriff erfassbar ist, was durch die zeitlichen Naturgesetze festgelegt wird, das sind nur die Bedingungen für die Häufigkeit des Auftretens der Elementarereignisse (Fäden) von bestimmter Art, und hierfür sind allerdings, wie wir bisher noch nicht bezweifeln können, die Gesetze so streng und allgemeingültig, daß man nie eine Abweichung von ihnen finden wird, sobald man nur eine genügende Zahl von Elementarvorgängen in der Betrachtung zusammenfaßt oder einen Standpunkt wählt, bei dem sich überhaupt die angenommene „Struktur“ des Geschehens nicht mehr bemerkbar macht.

Mehr als derartige allgemeine Vermutungen über die mögliche Lösung des Rätsels der Quantentheorie lassen sich heute noch nicht aufstellen. Und vielleicht liegt die Sache auch noch ganz anders, und nicht wir, sondern erst Generationen nach uns finden die Lösung. So scheint wenigstens *Einstein* zu denken, der einmal meinte, daß „wir beide“ es jedenfalls nicht mehr erleben würden. Aber mögen wir es erleben oder nicht: das Problem ist jedenfalls da, und der menschliche Geist wird nicht eher ruhen, als bis es gelöst — oder in einer anderen jetzt noch ganz ungeahnten Fragestellung aufgegangen ist.

Zoologische Mitteilungen.

Bienen- und Wespengehirne, neu verglichen und als Maß benutzt in Fragen der Stammes- und Staaten-geschichte, sowie Vererbung und Genogenese (*L. Armbruster*, Arch. f. Bienenkunde Bd. I, H. 5, 1920). Beim Gehirn der Bienen und Wespen nehmen die sogenannten „pilzförmigen Körper“ eine hervorragende Stellung ein, was schon aus dem Verlauf der Nerven

Materie „spontan“ erfolgen, ist von *Einstein* etwa 1914 eingeführt worden.

⁶⁾ Die schwierigste Frage der Quantentheorie, die nach der Abhängigkeit der verschiedenen Lichtquantenvorgänge voneinander, würde sich in unserem Bilde als die Frage nach der Art und dem Grade der gegenseitigen Verschlingung der Fäden auffassen lassen.

hervorgeht, welche diese Gebilde mit allen übrigen Teilen des Gehirns verbinden. Infolgedessen ist eine große Assoziationsmöglichkeit vorhanden und dadurch ein verwickeltes „Seelenleben“ möglich. Man hat die pilzförmigen Körper daher als „Organ der Intelligenz“ bezeichnet. Für diese Annahme spricht ferner, daß diese Gebilde um so besser entwickelt sind, je reicher das Instinktleben des betreffenden Insektes ist. Sie geben ein direktes Maß für die Höhe des Instinktlebens. Besonders von *Alten* hatte es unternommen, die Größe der pilzförmigen Körper durch genaue Messungen festzustellen und zu vergleichen. Von diesen Ergebnissen von *Alten* geht *Armbruster* aus, indem er dessen verschiedene Zahlen weiter verarbeitet und sie durch eine einzige, aus allen vier Verhältniszahlen gewonnene ersetzt, den sogenannten „Gehirnindex“, in welchem die Beziehung der beiden Pilzhutdimensionen zu dem betreffenden Gesamtgehirn zum Ausdruck kommt, also die relative Entwicklung des „Intelligenzorgans“.

Nach diesem Gehirnindex stellt *Armbruster* die verschiedenen Hymenopteren in einer Tabelle zusammen, in welcher dann die solitären Formen unten stehen, die sozialen oben. Die Größe des Tieres ist ohne Einfluß auf den Gehirnindex, welcher z. B. bei großen Formen wie der Hornisse und *Xylocopa* relativ klein, bei Zwergformen wie der Biene *Eriades* und der Wespe *Polistes* ziemlich groß ist. Auch Kopfform und Größe beeinflussen nicht den Gehirnindex. Innerhalb ein und derselben Gattung können die Gehirnindices ziemlich verschieden hoch sein. Die einzelnen Schmarotzergattungen stehen sehr verschieden, während unzweifelhaft aufsteigende Reihen, wie unter den Bienen, sich auch hier als solche zeigen. Die Bauchsammlerreihe geht der Beinsammlerreihe parallel, beide weisen also niedere wie hohe Formen auf; die Grabwespenreihe geht parallel der Solitärbienenreihe und die Reihe der sozialen Wespen der der sozialen Bienen. Unter den sozialen Bienen ist die Hummel die am höchsten stehende Form, sie steht höher als die Honigbiene.

Die Weibchen zeigen stets ein entwickelteres Gehirn als die Männchen; bei den sozialen Formen ist das männliche Gehirn am schwächsten entwickelt. Bei der Honigbiene ist das Gehirn der Arbeiterin besser entwickelt als das der Königin, während es bei Hummel- und Wespenstaaten, wo die Königin zeitweise Allesbeschafferin ist, umgekehrt ist.

Nähere Betrachtung der Nestbau- und Beuteinstinkte der Bienen und Wespen zeigt eine deutliche Beziehung der Höhe des Instinktlebens zu der Höhe des Gehirnindex, wofür zahlreiche Beispiele angeführt werden. Sogar für die Erforschung der Stammesgeschichte geben uns die Gehirnindices ein exaktes Mittel an die Hand, da wir ein objektives Maß für die Instinktveränderungen haben. Als Beispiel diene die Wespenbiene *Nomada*, für die die Gehirnindex-tabelle zeigt, daß die Wespenbiene nichts mit der Grabbiene *Andrena*, bei welcher sie meistens schmarotzt, zu tun hat. Auch vererbungstheoretische Fragen können mit den Gehirnindices in Zusammenhang gebracht werden; denn die Tabelle zeigt deutlich den Abstand zwischen den beiden weiblichen Kasten, zwischen Arbeiterin und Königin. Diese sind Modifikationen, es ist eine phänotypische Instinktveränderung, während die ähnliche Erscheinung des Schmarotzertums der Schmarotzerbienen genotypisch ist. „Der Naturzüchtung ist es also gelungen, eine phänotypische Instinktveränderung in eine genotypische zu verwandeln.“ Wir sehen,

daß die Tabelle der Gehirndices uns einen sehr übersichtlichen Einblick in die verschiedensten Erscheinungen der Bienen- und Wespenbiologie gewährt, in die Veränderung ihres Instinktlebens; in ihre Stammesgeschichte und Genogenese. A. Pratje.

Untersuchungen über Intersexualität. (R. Goldschmidt, Zeitschr. f. indukt. Abst. 23, 1920.) Die sogenannte Intersexualität äußert sich darin, daß Individuen im Verlaufe ihrer Entwicklung plötzlich die Merkmale des anderen Geschlechts annehmen. Das gilt sowohl von den primären wie auch von den sekundären Geschlechtscharakteren. So werden bei *Lymantria dispar*, dem Schwammspinner, auf den sich die Untersuchungen erstreckten, Geschlechtsorgane, Antennen, Flügelzeichnung und Bau des Hinterleibs von diesem Umbildungsprozeß betroffen. Auch in den sexuellen Instinkten traten Wandlungen ein; so versuchen intersexuelle Weibchen mit normalen Weibchen zu kopulieren, wobei sich freilich ihre Bemühungen an falschen Körperstellen erschöpfen. Hervorgehoben werden diese abnormen Verhältnisse durch Bastardierung mit fremden Rassen, und die nach Tausenden zählenden Kreuzungsversuche haben zu folgender Deutung geführt: jedes Individuum verfügt über die Anlagen für beide Geschlechter. Welches Geschlecht in Wirklichkeit ausgelöst wird, hängt von dem Vorhandensein bestimmter Enzyme ab, die männliche und weibliche Hormone bilden. Beiderlei Enzyme sind nebeneinander vorhanden und über den Erfolg entscheidet ihr gegenseitiges Mengenverhältnis. Die weiblichen Enzyme werden durch das Plasma oder durch das Y-Chromosom übertragen, die männlichen ruhen im X-Chromosom; so ist es wenigstens für *Lymantria* anzunehmen, das heterozygotisch ist im weiblichen Geschlecht: die Weibchen besitzen ein X- und ein Y-Chromosom, die Männchen 2 X-Chromosomen. Jedes X-Chromosom enthält eine Dosis (M) männliches Enzym, somit kommen auf ein Männchen 2, auf ein Weibchen jedoch 1 männliches Quantum, während sowohl Männchen als auch Weibchen die gleiche weibliche Dosis (F) (entweder im Plasma oder im Y-Chromosom) enthalten. Innerhalb ein und derselben Rasse sind nun männliche und weibliche Dosis so gegeneinander abgeglichen, daß $2M > F$, $F > 1M$, und zwar ist anzunehmen, daß in beiden Fällen der Überschuß eine gewisse minimale Grenze übersteigt. Infolgedessen kommt es bei Kreuzungen innerhalb derselben Rasse bloß zu reinen Männchen oder zu reinen Weibchen. Erstrecken sich aber die Bastardierungsversuche auf verschiedene Rassen, dann kann es eintreten, daß das gegenseitige Gleichgewicht gestört wird. Kreuzt man beispielsweise das Weibchen einer schwachen europäischen Rasse mit dem Männchen einer starken japanischen Rasse, so tritt der Fall ein, daß schon $1M \geq F$, und dann zeigen sich infolge des Überschusses an männlichen Enzymen die Erscheinungen weiblicher Intersexualität. Umgekehrt wird der Erfolg sein, wenn man ein starkes Weibchen mit einem schwachen Männchen bastardiert. Hier ist unter Umständen $2M \leq F$, und es resultiert männliche Intersexualität. „Stark“ und „schwach“ sind nun relative Begriffe; in der freien Natur gibt es eine ganze Fülle von Intensitätsstufen, zwischen denen keine scharfe Grenze gezogen ist, und auf diese Weise kommen die verschiedenen Grade der Intersexualität zustande. Kreuzt man dieselbe schwache Weibchensorte sukzessiv mit Männchen verschiedener starker Rassen, dann zeigt sich, daß der Grad der Intersexualität proportional der Stärke der Männchenrasse ansteigt, und daß die Umkehr der sexuellen Differenzierung, der „Dreh-

punkt“, immer frühere Stadien des Entwicklungsgangs ergreift. Das läßt sich mit der vorgetragenen Anschauung sehr wohl in Einklang bringen; je stärker die Männchenrasse ist, desto mehr nähert sich schon 1 M der weiblichen Dosis F , bis sich das umgekehrte Verhältnis $1M > F$ herausbildet und ein völliger Umschlag von Weibchen zu Männchen eintritt. Während in diesem extremen Fall die Weibchen von vornherein eine männliche Ausbildung erfahren, erlangen bei weniger ausgeprägten Differenzen der Rassenstärke die männlichen Hormone erst im späteren Verlaufe der Ontogenese das Übergewicht, der „Drehpunkt“ wird hinausgeschoben. Der Experimentator hat es daher in der Hand, durch entsprechende Kombination der Rassen jeden gewünschten Grad von Intersexualität hervorzurufen. Peter Stark.

Über die Ursachen des Leuchtens der Leuchtbakterien. (F. C. Gerretsen, Zentralbl. f. Bakteriologie usw., II. Abt., Bd. 52, Heft 16/17, S. 353—373, 1920.) Um die Lebenserscheinungen der Leuchtbakterien näher kennen zu lernen, wurden zunächst eine Anzahl von Versuchen gemacht, die die Beziehungen zwischen Lichtproduktion und Zusammensetzung des Kulturmediums aufklären sollten. Bei den anorganischen Salzen wurde die Wirkung der Kat- und Anionen getrennt untersucht. Man hatte schon früher festgestellt, daß ohne Kochsalz oder isotonischen Ersatz kein Wachstum möglich ist. Das Cl-Ion des Kochsalzes hat keine spezifische Wirkung; es kann durch verschiedene andere Säurereste ersetzt werden; nicht dagegen das Kation; das Natrium konnte nur durch Magnesium völlig ersetzt werden. Werden beide Ionen ersetzt, so kommt kein einziges der untersuchten Salze dem Kochsalz an Leuchtkraft gleich. Gegen Änderungen des osmotischen Druckes waren die Bakterien nicht sehr empfindlich.

Wichtig im Zusammenhang mit der Lichterzeugung ist die Ernährung der Leuchtbakterien, sowohl die Stickstoff- wie die Kohlenstoffernährung. Besonders günstig wirkt das Pepton. Untersucht wurden weiter zahlreiche Spaltungsprodukte; die verschiedenen Säureamide sind aber sämtlich ungeeignet, das Stickstoffbedürfnis der Leuchtbakterien zu befriedigen. Es gelang, sämtliche Nährstoffe, mit denen Leuchtbakterien gezüchtet werden konnten, in sterilem Zustand auf rein chemischem Wege zum Leuchten zu bringen. Sterile Fischbouillon wurde wenige Minuten mit Kalilauge erwärmt und dann mit Bromwasser oxydiert. Diese Oxydation war mit einem prächtigen grünen Leuchten verbunden, das mit demjenigen der Leuchtbakterien übereinstimmte. Die Aminosäuren leuchteten dagegen nicht. Wahrscheinlich entstehen bei der Spaltung von Eiweißstoffen labile Körper, die bei der Oxydation Licht zu entwickeln vermögen und chemisch zwischen Peptonen und Aminosäuren stehen.

Neben den Peptonen ist eine besondere Kohlenstoffquelle nicht unbedingt erforderlich; die untersuchten Formen vermochten ausschließlich mit Pepton vorzüglich zu wachsen und zu leuchten. Es entstehen jedoch aus Kohlehydraten, besonders Hexosen, durch Spaltung Säuren, welche die schädlichen alkalischen Spaltungsprodukte der Peptone neutralisieren. Hierauf beruht wahrscheinlich der große Einfluß der Kohlehydrate auf die Lichterzeugung der Bakterien; konnten sie doch auch durch verdünnte Säuren ersetzt werden.

Gerretsen suchte eine Methode, welche das Reproduktionsvermögen der Bakterien zerstörte, aber die Leuchtfunktion unbeeinträchtigt ließ, um festzustellen,

ob Enzyme bei der Entstehung des Leuchtprozesses eine Rolle spielen; er fand eine solche Methode in der Einwirkung des ultravioletten Lichtes (Quarz-Amalgamlampe nach *Heraeus*). Schon durch kurze Bestrahlung (2 Minuten) ging das Reproduktionsvermögen verloren; es zeigte sich ein bestimmter Einfluß der Intensität der Bestrahlung auf die Form der Absterbekurve. Im Gegensatz hierzu wird aber die Lichtfunktion nicht geschädigt. Auch nach dem Abtöten der Bakterien durch das ultraviolette Licht blieben diese noch mehrere Stunden leuchtend. In einigen Fällen war das Leuchten sogar noch intensiver, wie die Einwirkung auf die photographische Platte zeigte, was dadurch erklärt werden kann, daß durch Belichtung im Kulturmedium minimale Spuren von Sauerstoff entstanden sind.

Einige Versuche deuten daraufhin, daß wahrscheinlich von den Zellen intrazellulär ein Leuchtstoff erzeugt wird, von dem sich in den Bakterien kleine Mengen anhäufen können; diese angesammelte Leuchtstoffmenge würde jedoch nur für ein kurzes Aufleuchten ausreichen. Das längere Nachleuchten der Bakterien ist vielmehr der Tätigkeit von Enzymen zuzuschreiben. Eine Katalasewirkung konnte nachgewiesen werden. Das führt *Gerretsen* zu der Hypothese, daß das Entstehen des Leuchtstoffes ein endoenzymatischer Prozeß ist; das Enzym bezeichnet er als Photogenase. Daß die Oxydation des Leuchtstoffes ebenfalls vermittelt eines Enzymes vor sich geht, durch eine Oxydase (*Luciferase* von *Dubois*), konnte nicht einwandfrei erwiesen werden, erscheint jedoch wahrscheinlich.

Untersuchungen zur Physiologie der Stirnagen bei Insekten. (*C. v. Hess*, Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 181, S. 1—16, 1920.) Viele Insekten besitzen außer ihren großen Facettenaugen noch meist drei kleine Nebenaugen (Ocellen). Über die Bedeutung dieser Gebilde herrschen die verschiedensten Ansichten. *Hess* zeigt, daß alle Annahmen, daß die Ocellen zum Sehen naher oder entfernter Gegenstände dienen, unbegründet sind, da sie zur Voraussetzung haben, daß durch den lichtbrechenden Apparat im Ocell ein wenigstens einigermaßen verwertbares Bild auf der Netzhaut zustande kommt. Es stellt sich aber heraus, daß wegen der außerordentlichen Kleinheit der Linse das Netzhautbild höchstens den 300. Teil so groß sein kann, wie unter sonst gleichen Voraussetzungen im menschlichen Auge. Daher kann das Auflösungsvermögen des Libellenocells im besten Falle nur ungefähr $\frac{1}{1000}$ von jenem des Menschenauges betragen. Es können also keine auch nur einigermaßen deutliche Bilder zustande kommen, vielmehr können die Ocellen im wesentlichen nur zur Wahrnehmung von Hell und Dunkel dienen.

Nach einer Übersicht über die Art und Weise, wie die Anpassung der Sehorgane in der Tierreihe an verschiedene Lichtstärken geschieht, teilt *Hess* einige neue Beobachtungen am lebenden Libellenocell mit. Der Augenhintergrund einer im Dunklen gehaltenen Libelle erschien bei Betrachtung mittels einer Lupe hellweiß. Diese weiße, nach vorn konkave Fläche entspricht dem Tapetum hinter der Empfangsschicht der Netzhaut. Nach wenigen Sekunden im Sonnenlicht bräunt sich diese Fläche sehr rasch, und zwar von unten her beginnend. Nach einer halben Minute im Dunklen ist der Hintergrund wieder rein weiß. Die Bräunung des Hintergrundes unter dem Einfluß des Lichtes geschieht in jedem der drei Ocellen unabhängig von den anderen. Diese außerordentlich schnell verlaufende Pigmentwanderung bei sich än-

dernder Beleuchtung gestattet eine besonders gute Ausnützung geringer Lichtstärken und die Wahrnehmung kleiner Änderungen der allgemeinen Belichtungsstärke. Bei dem raschen Flug der Libellen ist diese Anpassung von besonderer Bedeutung. Das Facettenauge liefert im Schatten und bei schwacher Beleuchtung vielleicht nicht mehr genügend lichtstarke Bilder; dann zeigt das Ocell aber die Richtung an, in der das Insekt zu fliegen hat, um wieder ins Helle zu kommen. Die Anordnung der drei Ocellen nach verschiedenen Richtungen erleichtert dies noch bedeutend. Die Verschiedenheit der Funktion des Facettenauges und des Ocell macht *Hess* durch einen Versuch klar: Vor das eine Auge hält man einen schwarzen Karton mit einem möglichst kleinen Loch, vor das andere ein Mattglas. Dieses Auge nimmt nur einen verwaschenen hellen Schein wahr, das andere sieht durch das feine Loch die Umgebung sehr scharf, wenn auch nicht sehr hell. Der helle Schein entspricht der Wahrnehmung des Ocells, das lichtschwächere Bild der Umgebung der Wahrnehmung des Hauptauges.

A. Pratje.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die Serienspektren wasserstoffunähnlicher Elemente⁴⁾. Es soll hier über einen Vortrag berichtet werden, den Prof. *P. Ehrenfest* im Berliner physikalischen Colloquium gehalten hat über eine Arbeit von Prof. *Roshdestwenski*, Direktor des optischen Instituts der Universität Petersburg. Außer durch ihren sachlichen Wert erregt diese Arbeit des russischen Gelehrten besonders dadurch allgemeines Interesse, daß *Roshdestwenski*, abgeschnitten von der wissenschaftlichen Verbindung mit dem Ausland, mit einer ganz anderen Methode als die, die in den übrigen Ländern befolgt wurde, zu einem Ergebnis gelangte, zu dem auch *Bohr* in neuester Zeit (Brief an *Nature* 24. 3. 1921) auf Grund theoretischer Erwägungen gekommen ist.

Es handelt sich in der erwähnten Arbeit um die Zuordnung der verschiedenen Quantenzahl-Konfigurationen zu den einzelnen Serientermen der Spektra der wasserstoffunähnlichen Atome. Die Schwingungszahlen der einzelnen Linien einer Serie lassen sich bekanntlich als Differenz eines konstanten und eines variablen Terms darstellen

$$\nu = (n, a_1) - (m, a_2) \quad m = n, (n+1), \dots \quad (1)$$

Die Klammer bedeutet dabei nach *Ritz*:

$$(m, a) = \frac{N}{[m + a + d(n, a)]^2} \quad (2)$$

Man unterscheidet bekanntlich vor allem 4 Serien. Ihre Bezeichnungsweise ersieht man aus dem folgenden wohlbekannten Schema.

Hauptserie ... $\nu = (\frac{3}{2}, s) - (m, p) \quad m = 2, 3, 4, \dots$
 I. Nebenserie. $\nu = (2, p) - (m, d) \quad m = 3, 4, \dots$
 II. Nebenserie. $\nu = (2, p) - (m + \frac{1}{2}, s) \quad m = 2, 3, \dots$
 Bergmannserie $\nu = (3, d) - (m, b) \quad m = 4, 5, \dots$

In diesen Formeln sind die verschiedenen Zahlen resp. Buchstaben an die entsprechenden Stellen in (2) zu setzen. Gemäß den Anschauungen der Quantentheorie entspricht jedem Term eine bestimmte Bahn des Elek-

⁴⁾ Der Bericht erscheint hier, weil die schöne Arbeit, die nur in den Berichten der Russischen Physikalischen Gesellschaft erscheinen wird, den deutschen Physikern vielleicht schwer zugänglich sein wird.

trons mit bestimmter azimuthaler Quantenzahl n und radialer Quantenzahl n' . Jedem Term entspricht also eine bestimmte Quantenzahlsumme $(n + n')$.

Für den Fall des Wasserstoffatoms geht nun Formel (2) in die einfache Form über $\frac{N}{(n + n')^2}$. Die Zusatzglieder im Nenner von (2) sind bei den wasserstoffunähnlichen Atomen dadurch bedingt, daß das Atomfeld nicht mehr ein Coulombsches ist. Will man nun den einzelnen Termen eine bestimmte Quantenzahlsumme zuordnen, so tritt dabei besonders bei den Alkalien infolge der Halbzahligkeit von m eine gewisse Unbestimmtheit auf. Hält man an der Ganzzahligkeit der Quantenzahlen fest, so könnte man dem konstanten Term der Hauptserie ebenso gut die Quantenzahlsumme $n + n' = 1$ wie $n + n' = 2$ zuordnen. In beiden Fällen kann man dann das Auftreten der Halbzahligkeit durch Wirkungen der übrigen Elektronen hervorgerufen denken.

Im allgemeinen hatte man bisher angenommen, daß die dem konstanten Term der Hauptserie entsprechende niedrigste Quantenbahn des äußeren Elektrons einquantig sei. Demzufolge ordnete man den verschiedenen Termen folgende Quantenzahl zu:

$$\begin{array}{ll} (m, p) & n = 2; \quad n' = 0, 1, 2, 3, \dots \\ m = 2, 3, 4, \dots & \\ (m, d) & n = 3; \quad n' = 0, 1, 2, \dots \\ m = 3, 4, \dots & \\ (m, b) & n = 4; \quad n' = 0, 1, 2, \dots \\ m = 4, 5, \dots & \end{array}$$

Für den variablen Term der zweiten Nebenserie wurde entsprechend $n = 1$ angenommen.

Roshdestwenski hat nun durch folgende schöne Methode die Frage zu entscheiden versucht, ob die niedrigste Quantenbahn des äußeren Elektrons bei den Alkalien ein- oder zweiquantig ist. Mit wachsenden Quantenzahlen werden bekanntlich die wasserstoffunähnlichen Atome immer wasserstoffähnlicher. Denn je weiter außen die Elektronenbahnen liegen, um so geringer wird der störende Einfluß der übrigen Elektronen, und im Grenzfall wird sich das Elektron wie unter der Wirkung eines einfach positiv geladenen Kerns bewegen. Es werden also bei hohen Quantenzahlen auch die Zahlenwerte der Alkaliterme sich den Zahlenwerten der entsprechenden Wasserstoffterme immer mehr nähern. Sich entsprechende heißt hier Terme mit gleicher Quantenzahlsumme, Roshdestwenski sucht nun diejenigen Alkaliterme auf, deren Zahlenwert mit demjenigen gewisser Wasserstoffterme nahezu übereinstimmt. So kann er bei hohen Quantenzahlen jedem Wasserstoffterm einen Alkaliterm zuordnen. Die so einander zugeordneten Terme haben aber nach obigem gleiche Quantenzahlsummen. Die Quantenzahlsumme der Wasserstoffterme ist nun aber genau bekannt. Man kennt also die Quantenzahlsumme, die bei hohen Quantenzahlen den Alkalitermen entspricht. Kennt man aber auch nur bei einem Term die zugehörige Quantenzahlsumme, so kann man durch einfaches Abzählen die jedem Term entsprechende Quantenzahlsumme ermitteln. Auf diese Weise stellte Roshdestwenski fest, daß die niedrigst quantige Bahn des äußeren Elektrons bei den Alkalien zweiquantig ist. Bezüglich der (m, s) -Terme der Alkalien ergibt sich also folgende Deutung

$$n = 1 \quad n' = 1, 2, 3, \dots$$

d. h. die „Ruhebahn“ eine (gestörte) 1,1 Ellipse und nicht, wie man bisher annahm, ein (gestörter) 1,0 Kreis.

Hartmut Kallmann.

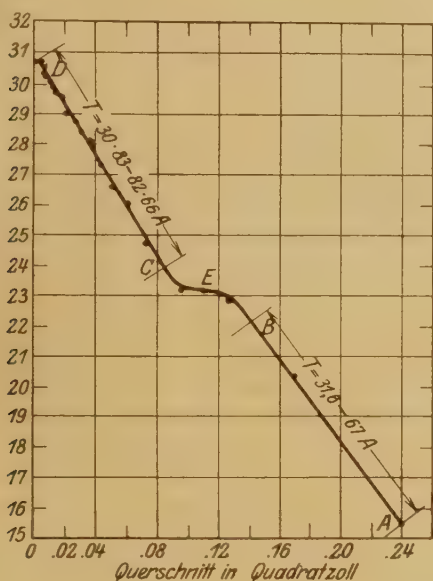
Die Röntgenspektren der Bleisotopen. Die Frage der spektroskopischen Unterscheidbarkeit der Isotopen des Bleis ist von C. D. und D. Cooksey (Phys. Rev. 16, 327, 1920) erneut untersucht worden. Aus Messungen der L_{α} -Linie von Blei radioaktiven Ursprungs (von Boltwood aus Uranit hergestellt) und gewöhnlichem Blei schließen sie, daß ein etwaiger Unterschied der Wellenlänge nicht mehr als 0,005 % betragen kann, während Duane und Shimizu sowie Siegbahn und Stenström als obere Grenze einer möglichen Differenz 0,1 % angeben. Verf. begründen ihren größeren Genauigkeitsanspruch durch besondere Versuche, indem sie feststellen, daß künstliche Verschiebungen von Linien um 0,01 mm auf der Platte, die einer Wellenlängendifferenz von 0,005 % entsprechen, gerade noch nachweisbar sind. Theoretisch ist bekanntlich ein von der Mitbewegung des Atomkerns herrührender Wellenlängenunterschied zu erwarten, welcher jedoch weit unter der von den Verf. angegebenen Grenze liegt, so daß das Resultat im Einklang mit der Theorie von Bohr-Sommerfeld steht.

Elektrizitätserregung durch Aufprall. (H. F. Richards, Phys. Rev. 16, 290, 1920.) Richards hat versucht, durch saubere Versuche dem noch recht dunklen Problem der Elektrizitätserregung bei inniger Berührung (Reibung) zwischen einem festen Dielektrikum und einem Metall näher zu kommen. Er ließ zu diesem Zwecke dielektrische Scheiben oder Kugeln auf Metallscheiben fallen und maß die hierbei auftretenden Ladungen in ihrer Abhängigkeit von der Natur von Dielektrikum und Metall, der Fallgeschwindigkeit und Masse des Dielektrikums sowie der Zahl der unmittelbar aufeinander folgenden Stöße. Benutzt wurde Glas oder Ebonit einerseits, Zink oder Messing andererseits. Das Metall erhält stets eine positive Ladung. Die bei einem einzelnen Stoß erzeugte Ladung wächst mit der Masse und der Fallgeschwindigkeit des Dielektrikums. Sie ist unabhängig von der Kapazität des metallischen Systems. Werden die Stöße schnell nacheinander wiederholt, so erreicht schließlich die Ladung einen bestimmten charakteristischen Endwert. Verf. glaubt, daß es sich bei diesem Phänomen um eine dem Kontaktpotential zwischen Metallen verwandte Erscheinung handelt, und daß die erzeugte elektrische Energie mit der verlorenen mechanischen Energie in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehe. W. Westphal.

Änderung der Metalle durch Kaltrecken. Einige neuere englische Versuche. Bekanntlich erleiden Metalle beim Kaltrecken, zum Beispiel beim Kaltwalzen, Ziehen usw. eine Reihe von Eigenschaftsänderungen. Die technischen Eigenschaften ändern sich zum Teil sehr erheblich, die Elastizitätsgrenze steigt, ebenso die Härte, die Bruchdehnung nimmt ab, gleichzeitig ändern sich die anderen physikalischen Eigenschaften, die Dichte und das elektrische Leitvermögen werden etwas geringer, usw. Trotz der außerordentlich großen technischen und auch wissenschaftlichen Bedeutung dieser Änderungen ist ihr quantitativer Zusammenhang mit dem Grade des vom Metalle erlittenen Kaltreckens, dem Grade der Deformation des Metalles, kaum erforscht. Das liegt in erster Linie daran, daß es unmöglich ist, einerseits ein Metallstück in seiner gesamten Masse gleichmäßig zu deformieren und andererseits, im Zusammenhang damit, den Grad und Charakter der Deformation eines Metallelementes genau festzustellen. Deshalb begnügt man sich damit, den Kaltreckungsgrad aus der Änderung der äußeren Gestalt abzulesen. Wenn ein Draht auf den halben

Durchmesser heruntergezogen wird, so sagt man, daß er eine Deformation von 50 % erlitten hat, usw. Man ist sich aber dessen bewußt, daß hierbei die Deformation in der Masse des Drahtes durchaus nicht einheitlich ist, da die Kernpartien zum Beispiel anders beansprucht werden als die äußere Hülle. Außerdem weiß man, daß auch eine geometrisch definierte Gestaltänderung durch verschiedene innere Deformationsvorgänge zustande kommen kann (Gleitung, Biegung), je nach der Orientierung der Kristallite in dem Volumenelement und je nach den Bedingungen der Deformation.

Unter diesen Umständen ist unsere mangelhafte Kenntnis des quantitativen Einflusses des Kaltreckens verständlich, und ebenso auch das verhältnismäßig geringe wissenschaftliche Interesse, das für derartige quantitative Untersuchungen bisher bestanden hat. Wie konnte man tatsächlich erwarten, rationelle Gesetzmäßigkeiten zu finden, solange man für den Grad des Kaltreckens kein anderes Maß hatte als die nachweislich ungenügende Bestimmung der Formänderung des Körpers?



Dieser Umstand hat es nicht verhindert, daß in England in den letzten Jahren eine Reihe von Arbeiten erschienen ist, die doch diesen Zweck verfolgt. Diese Arbeiten zeigen in instruktiver Weise, zu welchen Täuschungen man durch das Fehlen eines Maßes der Kaltreckung tatsächlich geführt werden kann, und es soll deshalb über sie kurz berichtet werden.

Alkins hat die Zunahme der Härte beim Ziehen von Kupfer in Abhängigkeit vom Querschnitt bestimmt und festgestellt, daß die Härte zunächst geradlinig ansteigt, dann eine Zeitlang konstant bleibt, um später wieder, aber mit einem anderen Neigungswinkel, anzusteigen, wie man es auf Fig. 1 sieht. Als Maß der Deformation hat er also in üblicher Weise die Änderung der äußeren Form des Körpers benutzt.

Dieses Resultat widerspricht allen bisherigen Beobachtungen und Anschauungen, da man immer annahm, daß die durch das Kaltrecken hervorgerufenen Eigenschaftsänderungen einheitlich und kontinuierlich verliefen. Zur Deutung seiner Versuchsergebnisse hat Alkins nun angenommen, daß den beiden geraden Strecken seiner Kurve zwei verschiedene, durch die

Verarbeitung hervorgerufene physikalisch-atomistische Prozesse im Metall entsprechen. Während der ersten Verarbeitungsperiode sollte eine allotropische Umwandlung eintreten, während der zweiten die Bildung amorpher Zwischenschichten nach der Theorie von Beilby und Rosenhain. Das waren im einzelnen ziemlich willkürliche Hypothesen; das Bestehen zweier einander ablösender oder ergänzender physikalischer Prozesse schien jedoch tatsächlich erwiesen.

Wenn dieses Resultat sich bestätigte, so hätte es tatsächlich eine außerordentlich große Bedeutung für alle Fragen, die mit dem Kaltrecken der Metalle zusammenhängen. Deshalb erregte die Arbeit von Alkins in England ein großes Interesse und regte sofort noch einige Arbeiten an. Zunächst wurde festgestellt (Ellis, Johnson), daß die von Alkins beobachtete Unterbrechung im Anstieg der Härte und allgemeiner im Gang der mechanischen Eigenschaften beim Kaltrecken eine allgemein oder doch oft auftretende Erscheinung ist. Insbesondere wurde sie auch beim Walzen festgestellt.

Ein gänzlich neues Licht warf auf die ganze Frage eine weitere sehr sorgfältige Untersuchung von Johnson. Johnson untersuchte sehr genau die verschiedensten Eigenschaften des flachgewalzten Kupfers in Abhängigkeit vom Walzgrade (Dicke). Unter anderem stellte er auch die Breitenzunahme des Walzbandes nach jedem Walzschrift fest. Es ist ja bekannt, daß beim Flachwalzen außer der Längsstreckung auch eine gewisse Breitenzunahme des Walzstückes stattfindet. Er stellte nun zunächst fest, daß bei einer Reihe von Walzgraden eine Unterbrechung in dem Gange der technischen Eigenschaftswerte stattfindet, so daß treppenförmige Kurven entstehen. Ferner stellte er aber auffallenderweise fest, daß in den Gebieten, in denen die technischen Eigenschaften sich nicht ändern, auch keine Breitenzunahme des Materials erfolgt.

Damit war gezeigt, daß die Unstetigkeiten in dem Gange der technischen Eigenschaften zunächst mit der Art der geometrischen Formänderung zusammenhängen. Beim Walzen müssen die Kristallite des Walzstückes in gewissen Walzintervallen gewisse bevorzugte Lagen annehmen, die die Verschiebungen (Gleitung) in der Walzrichtung derartig erleichtern, daß eine Breitenzunahme nicht zu erfolgen braucht. Man muß also beim Kaltrecken zwei Arten von Deformationen unterscheiden, solche, mit denen eine Verfestigung einhergeht, und solche, bei denen dieses nicht der Fall ist. Letztere scheinen an gewisse bevorzugte Lagen (Orientierungen) der Kristallite gebunden zu sein. Auch beim Ziehen lassen sich derartige Deformationsintervalle annehmen, welche an der äußeren Form der Stücke allerdings nicht wahrzunehmen sind.

Die neue, durch die Versuche von Johnson herbeigeführte Deutung ist von der ursprünglichen, von Alkins gegebenen prinzipiell verschieden. Während Alkins aus dem Gange der Härte auf atomistisch-physikalische Änderungen schloß, schließt Johnson nur auf den Charakter der inneren räumlichen Deformationen. Dieser kann bei gleichen Änderungen der äußeren Form ein ganz verschiedener sein, und hiermit ist noch einmal gezeigt, wie irreführend die Betrachtung der Formänderung als Maß der inneren Deformation ist. Alkins ist bei seiner theoretischen Deutung das Opfer eines solchen Irrtums geworden, indem seine Abszisse (Querschnittsabnahme) der Größe, die sie darstellen soll (innere Deformation), gar nicht eindeutig entspricht. Der Unterschied in dem Neigungswinkel der beiden Kurventeile in Alkins' Figur ist zu gering, um eine

Stütze für eine bestimmte physikalische Auffassung zu bieten, und läßt sich vermutlich unschwer im Zusammenhang mit den Betrachtungen von *Johnson* deuten. Das Einzige, was alle Versuche lehren, ist tatsächlich nur die Existenz zweier verschiedener räumlicher Deformationsarten, und aus den Änderungen in dem Gang der Eigenschaftswerte beim Kaltrecken können wir nun auf Änderungen der inneren räumlichen Deformationen schließen. In keiner Weise sind wir aber berechtigt, direkte Schlüsse über atomistisch-physikalische Änderungen zu ziehen, geschweige denn quantitative Zusammenhänge aufzustellen.

Die Feststellung zweier verschiedener Arten der räumlichen Deformation hat andererseits die größte Bedeutung und ist das indirekte Ergebnis der Anregung von *Alkins*. Wir sehen also, daß einerseits die eingangs ausgesprochene Skepsis zwar berechtigt war, andererseits aber die Untersuchungen in einer unerwarteten Weise fruchtbar gewesen sind. Das ist ein warnendes Beispiel dafür, daß man in solchen mangelhaft erforschten Gebieten sich durch theoretische Bedenken nicht zu weitgehend abschrecken lassen darf. Die Kaltreckung der Metalle ist ein Forschungsgebiet, in dem noch nicht einmal die Variablen festgelegt sind, wie wir oben sahen. Auf solch einem Gebiete kann der Fortschritt nur durch forschendes Tasten herbeigeführt werden, und die Aufgabe ist heute zunächst nicht die Aufstellung einer abgeschlossenen Theorie, sondern die systematische, korrekte und objektive Beobachtung zur Bloßlegung der maßgebenden Faktoren.

Masing.

Die Abgrenzung der Polargebiete. Schon seit dem Altertum ist die Definition der Polargebiete viel umstritten gewesen, und auch heute noch herrscht in der geographischen Literatur keineswegs Einigkeit, über die Grenzlinien, welche die beiden geschlossenen Polargebiete von den übrigen, die Erde gürtelförmig umschließenden Zonen trennen. Am einfachsten ist es natürlich, die Grenzen astronomisch zu fassen. Aber auch diese astronomische Abgrenzung hat sich im Laufe der Jahrhunderte gewandelt. In der älteren Zeit des griechischen Altertums belegte man nämlich mit dem Namen des arktischen Kreises nicht den nördlichen Polarkreis, sondern denjenigen Kreis an der Himmelskugel, der die stets über dem Horizont bleibenden, sogenannten zirkumpolaren Fixsterne von den auf- und untergehenden Sternen schied. Die Lage des arktischen Kreises am Himmel und seine Projektion auf die Erdkugel war daher von der geographischen Breite des Beobachtungsortes abhängig. Erst seit der Zeit des *Eratosthenes* wurde als arktischer Kreis der nördliche Polarkreis bezeichnet, d. h. derjenige Parallelkreis, der vom Nordpol um den gleichen Winkelbetrag entfernt ist, den die Rotationsachse der Erde mit der Achse der Erdbahn um die Sonne bildet und den man als Schiefe der Ekliptik bezeichnet. Da aber dieser Winkel, der zurzeit rund $23^{\circ} 27'$ beträgt, jährlich etwa um eine halbe Bogensekunde kleiner wird, wandern auch die, jetzt etwa in $66^{\circ} 33'$ liegenden Polarkreise im Laufe jedes Jahres um rund 30 m polwärts, so daß die weit verbreitete Vorstellung, es handele sich bei ihnen um unverrückbare, feste Grenzlinien, nicht zutrifft, und der Flächeninhalt der beiden Polarzonen im Laufe der Zeit kleiner wird.

Aber auch aus anderen Gründen eignen sich jene, die Polarzonen in astronomisch-geographischem Sinne abgrenzenden Polarkreise nicht als Scheidelinie der Polargebiete. Der Nordpolarkreis z. B. würde Zusam-

mengehöriges auseinanderreißen und Fremdartiges angliedern. Er würde z. B. den südlichen Teil Grönlands mit seiner gewaltigen Inlandsmasse, ein typisches Polarland, vom Nordpolargebiet trennen, während das nördliche Norwegen, das hochstämmige Wälder trägt, Ackerbau treibende Bevölkerung hat und an seiner Küste blühende, verkehrsreiche Handelsstädte besitzt, deren Häfen auch im Winter niemals zufrieren, dem Polargebiet zugerechnet werden müßte.

Es fehlt daher nicht an mehr oder weniger annehmbaren Vorschlägen, die darauf abzielen, die astronomisch-geographische Grenze des Nordpolargebietes durch eine andere, dem physischen Charakter des Landes besser Rechnung tragende zu ersetzen. Man hat namentlich gewisse Linien vorgeschlagen, an denen einzelne klimatische Elemente bestimmte Werte erreichen, z. B. Isothermen. Auch die Scheidelinie bestimmter Pflanzenformationen suchte man dem gleichen Zwecke dienstbar zu machen. Als einen Beweis für die Realität der so konstruierten Grenze sah man es dann an, wenn zwei solcher, nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählten Linien in ihrem Verlaufe ziemlich übereinstimmten, wie es z. B. bei der 10° -Isotherme des Juli und der Nordgrenze der Wälder stellenweise der Fall ist.

Trotzdem kann ein so erzielt Resultat nicht als befriedigend betrachtet werden, da auch derartige, auf Gleichheit der Naturbedingungen fußende Abgrenzungen analoge Nachteile haben, wie die Polarkreisgrenzen, denn sie trennen vielfach die nördlichsten Teile Europas, Asiens und Amerikas von dem Hauptteil der Kontinente los, während diese doch stets als einheitliche Landkomplexe behandelt werden müssen. Aus praktischen Gründen dürfte es sich daher empfehlen, die Grenze des Nordpolargebietes so zu ziehen, daß sie, unter Ausschluß der in die Nordpolarzonen hineinragenden Kontinentalmassen, alle innerhalb des Nordpolarkreises liegenden Inseln umfaßt, auch wenn Teile derselben, wie es z. B. bei Grönland und Baffinland der Fall ist, sich noch weit bis in die gemäßigte Zone erstrecken. Einfacher ist die Umgrenzung des festländischen Südpolargebietes, weil nur unbedeutende Teile des großen antarktischen Kontinents nordwärts über den Südpolarkreis hinausreichen, die man natürlich von dem Kern nicht abtrennen kann.

Die größte Schwierigkeit aber bietet zweifellos in beiden Polargebieten die Konstruktion der Grenzlinien in den Meeresteilen. Hier lassen die morphologischen Merkmale im Stich, und es verdient daher ein Vorschlag Beachtung, den *E. von Drygalski* in einem soeben (März 1921) erschienenen Hefte des Deutschen Südpolarwerkes⁴⁾ macht. Unter Würdigung der astronomischen, klimatischen, morphologischen und biologischen Definitionen der Polargebiete gelangt er zu dem Resultat, daß man die Polargebiete am besten kennzeichnen könne als „die Gebiete des Eises, die so weit reichen, wie dessen Herrschaft reicht. Die Meeresküsten ziehen dabei keine Grenzen, denn das Eis greift vom Lande auf das Meer und vom Meer auf das Land über die Küsten hinweg; die Grenzen liegen vielmehr dort, wo die Eisherrschaft aufhört, das ist, wo das Eis sich zerteilt.“ Während wir in anderen Erdräumen von einem Kreislauf des

⁴⁾ Das Eis der Antarktis und der subantarktischen Meere. Von *Erich von Drygalski*. Deutsche Südpolarexpedition 1901—1903, Bd. I. Geographie, S. 365 bis 709. Mit 105 Abb. im Text, 19 Tafeln und 3 Karten: 1 : 2 000 000, 1 : 250 000, 1 : 15 000. Berlin, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger.

Wassers zu sprechen pflegen, dürfen wir nach *Drygalski* an den Polen von einem solchen des Eises sprechen, doch in etwas anderem Sinne, nämlich so, „daß die klimatischen und formalen Eigenschaften der Polarnatur auf die Eisbildung gerichtet sind und diese wieder auf jene Eigenschaften der Polarnatur“. In der Entwicklung der Polarnatur durch die Herrschaft des Eises aber unterscheiden sich die beiden Polargebiete durch den Grad dieser Herrschaft, weil im Norden das Meer, im Süden das Land überwiegt. Hier im Süden sind also die besten Vorbedingungen für ein exzessives Landklima und damit für eine geschlossene Vereisung gegeben. Die volle Eisherrschaft und die volle Polarnatur findet *Drygalski* daher nur im Süden, während der Norden im Zeichen des Kampfes zwischen Eis und Meer steht. Der wachsende Sieg des Meeres kennzeichnet die Randgebiete beider, doch

sind die des Südens weit größer. Das südliche Randgebiet, also das tiefe Meer mit dem Treibeis, rechnet *Drygalski* zur Subantarktis und will die Bezeichnung Antarktis lediglich beschränkt wissen auf den Südpolarkontinent selbst nebst seinem untermeerischen Schelf. Wo dieser zur Tiefsee abfällt, endigt die reine antarktische Natur.

Im Gegensatz zum arktischen sind die Grenzen dieses antarktischen Gebietes noch nicht zur Hälfte bekannt, doch dürfte die Schätzung von 14 Millionen Quadratkilometer für das Südpolarland durch *W. Bruce* ungefähr das Richtige treffen. Die Landmassen des Nordpolargebietes bedecken demgegenüber nur etwa 4 Millionen Quadratkilometer. Die astronomische Abgrenzung durch die Polarkreise dagegen ergibt für jede Polarzone ein Areal von rund 21¼ Millionen Quadratkilometer.
O. Baschin.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. 1920.

8. Januar. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse.

Stratigraphie und Tektonik der Flyschzone des östlichen Wiener Waldes. (Vorläufiger Bericht.) Von *Karl Friedl*. Auch die Flyschzone zeigt Deckenbau. Im Wiener Wald lassen sich drei Decken unterscheiden, von denen die zwei unteren, Kreide und Eozän umfassenden, zum helvetischen System gehören, während die oberste, nur aus Oberkreide bestehende, bereits ostalpin ist. Die „Klippen“ des niederösterreichischen Flysches stellen wurzellose Schubfetzen an der Basis dieser Decke dar.

Einige vorläufige Ergebnisse aus Schwerewagenmessungen im Zillingdorfer Kohlengbiet von *R. Schumann*. Auf 49 Stationen wurden mit Unterstützung durch die Wiener Akademie der Wissenschaften die Schwerkraftgradienten und die horizontalen Richtkräfte nebst ihren Azimuten mittels der Eötvösschen Schwerewage gemessen. Sie sind gebietweise und gesetzmäßig angeordnet; ihre Beziehungen untereinander sowie zu der aus anderweiten Tiefbohrungen bekannten Lagerung unterirdischer Schichten werden untersucht.

12. Februar. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Das w. M. Hofrat *Franz Exner* legt eine eigene Arbeit vor, betitelt: *Zur Kenntnis der Grundempfindungen im Helmholtz'schen Farbensystem*. Die Helligkeitsverhältnisse der drei Grundempfindungen, wenn sie, miteinander gemischt, Weiß geben, waren bisher nicht bekannt. Sie wurden nach einer von heterochromer Photometrie freien Methode bestimmt zu

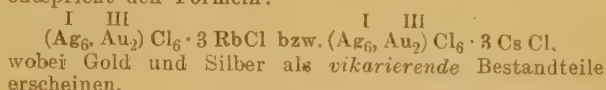
$$R : G : B = 1,000 : 0,756 : 0,024,$$

durch welche Zahlen auch der tatsächliche Verlauf der Grundempfindungskurven gegeben ist. Durch Addition der zu jeder Wellenlänge gehörenden drei Ordinaten erhält man die Helligkeitsverteilung im Spektrum des weißen Lichtes, die auch mit der beobachteten in sehr guter Übereinstimmung steht.

4. März. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Das k. M. Prof. *F. Emich* überreicht zwei Arbeiten aus dem Laboratorium für Allgemeine Chemie an der Technischen Hochschule Graz: 1. *Über eine neue Rubidium-Cäsium-Silber-Gold-Verbindung und ihre Verwendung zum mikrochemischen Nachweis von Gold, Silber, Rubidium und Cäsium*, von *Erich Bayer*. 2. *Bemerkungen zu vorstehender Arbeit*, von k. M. *F. Emich*.

In der Bayerschen Arbeit wird folgendes festgestellt: Beim Zusammenbringen von Rubidium- oder Cäsiumchlorid mit salzsaurer Goldsilberlösung entstehen charakteristische kristallinische Ausscheidungen; das Rubidiumsilbergoldchlorid bildet blutrote Prismen und Täfelchen. Die Zusammensetzung der Verbindungen entspricht den Formeln:



Prof. Dr. *A. Defant* (Innsbruck): *Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen*. VI. Teil: *Die Gezeiten und Gezeitenströmungen im Irischen Kanal*. Die Abhandlung enthält die hydrodynamische Theorie der Gezeitenerscheinungen des Verbindungskanals zwischen England und Irland. Die hauptsächlichsten Beobachtungsergebnisse finden durch sie eine einfache Erklärung. Die Untersuchung der Gezeitenerscheinungen des Englischen Kanals und der südwestlichen Nordsee einerseits und des Irischen Kanals andererseits hat gezeigt, daß die Gezeiten dieser Verbindungskanäle gänzlich auf die periodischen Impulse zurückzuführen sind, welche ihre Wassermassen von außen her empfangen. Sie sind physikalische Notwendigkeiten, die nur auf Grund der hydrodynamischen Gesetze der Wasserbewegung erklärt und verstanden werden können.

Das w. M. Hofrat *F. Exner* legt vor: *Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität*. Nr. 61. *Messungen des Ra-Emanationsgehaltes in der Luft von Innsbruck*, von *Rely Zlatarovic*. Eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung des Ra-Emanationsgehaltes der Atmosphäre. Das Prinzip ist, die Luft des Ionisationsgefäßes praktisch vollkommen zu entemanieren und aus der Differenz der Sättigungsströme in gewöhnlicher und entemanierter Luft den Emanationsgehalt zu berechnen. Besonderer Vorteil dieser Methode, falls Schwankungen der äußeren durchdringenden Strahlung für den engeren Beobachtungsort nicht in Betracht kommen: der in entemanierter Luft gemessene Sättigungsstrom ist eine Konstante. Diese „Entemanierungskonstante“ wurde bei Verwendung von Kohle und Petroleum als Entemanierungsmittel bestimmt. Es sind 49 Beobachtungsergebnisse tabellarisch mitgeteilt worden mit dem Mittelwerte

$$433.10 \cdot 10^{-18} \frac{\text{Curie}}{\text{cm}^3} \text{ und den Extremen } 1110 \text{ und } 40.$$

Eine Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren konnte nur bei Niederschlägen deutlich erkannt werden: der regenreicheren Zeit entsprechen niedrigere Emanationswerte.

Prof. Dr. L. Kober: *Das östliche Tauernfenster*. I. Teil: *Allgemeine Ergebnisse*. Die Arbeit ist die Zusammenfassung langjähriger Forschungen des Autors in den Tauern (1906–1914). Folgende Ergebnisse lassen sich feststellen: Die Tauern sind ein Fenster. Der Deckenbau der Tauern ist prinzipiell der gleiche wie in den Westalpen. Die Deckenbewegung erfolgt von S gegen N. Im Gebiete des Zentralgneises und der Schieferhülle werden folgende Decken unterschieden: Die Decke des Ankogel (tiefste), die Hochalmdecke, die Sonnblick- und die Modereckdecke (Decke der roten Wand bei Stark). Diese Decken sind das Äquivalent der penninischen Decken der Westalpen. Zwischen die penninischen Decken und die Radstädter Decke schiebt sich eine penninisch-ostalpine Mischzone ein (Trümmerzone). Die Radstädter Decke liegt unter dem Ostalpinen, ist mit diesem zu einer Deckenordnung zu verbinden. Sie ist eine unterostalpine Decke. Die Bezeichnung „oberleptontinisch“ wird somit fallen gelassen. Die ostalpinen Merkmale der Radstädter Decke sind: Ostalpines Grundgebirge, reduzierte Grauwackenzone (Carbon–Perm), Mesozoikum mit ostalpinen Anklängen (aber noch nicht typisch, nur in einzelnen Gliedern). Geringere Metamorphose und Entwicklung freieren Faltenbaues. Das ostalpine Grundgebirge samt der darauffolgenden Grauwackenzone und dem Mandlingzug werden als oberostalpine Decken zusammengefaßt (früher unterostalpin nach L. Kober). Der Mandlingzug ist durch das Enns- und Salzachtal bis gegen Bruck–Fusch zu verfolgen. Darauf liegt die *hochostalpine*¹⁾ Decke (früher obere ostalpine Decke), obere Grauwacken-, Hallstätter und hochalpine Decke. Diese liegen aber außerhalb des Rahmens der Darstellung.

18. März. Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Prof. Felix Ehrenhaft und Dr. Kurt Konstantinowsky übersenden eine vorläufige Mitteilung: *Transversaleffekt des Lichtes auf die Materie bei der Photophorese*. Außer der lichtpositiven oder lichtnegativen Photophorese (Fortbewegung von Probekörpern im oder entgegen dem Sinne der Fortpflanzung des Lichtstrahles, *longitudinaler* Effekt) werden auch Bewegungsimpulse senkrecht zum Lichtstrahl auf die Materie übertragen (*transversaler* Effekt), wie die Beobachtung nach der Ehrenhaftschen Methode zeigt. Diese Impulse scheinen durch den Gradienten der Lichtintensität des Lichtstrahlquerschnittes (vgl. F. Ehrenhaft, Ann. d. Phys. 56, 122, 1918) hervorgerufen zu werden. Denn ein Probekörper, der durch Gravitations- oder elektrische Kräfte quer durch einen Lichtstrahl gezogen wird, wird beim Eintritt in den Lichtstrahl in seiner Bewegung gehemmt und beim Verlassen desselben beschleunigt. Wird in erster Annäherung die photophoretische Transversalkraft dem Lichtgradienten proportional gesetzt, so ergeben vorläufige Versuche mit Selen-Probekörpern eine Intensitätsverteilung im Querschnitt eines nichthomogenen Lichtstrahles, wie sie nach anderen Messungen zu erwarten ist. Dieser Effekt wird nunmehr an Probekörpern verschiedenen Materials und in verschiedenen Gasen bei verschiedenen Gasdrücken untersucht.

Prof. Dr. Robert Sterneck in Graz übersendet eine Abhandlung mit dem Titel: *Die Gezeiten der Ozeane* (1. Mitteilung). Daß das Problem der Ozeangezeiten bisher noch als vollständig ungelöst bezeichnet werden muß, hat heute nicht mehr in dem Mangel an entsprechenden Beobachtungen seinen Grund, vielmehr in

dem Umstande, daß es eben bisher nicht gelungen ist, das Chaos der Beobachtungsdaten ohne Verwendung irgendeines ordnenden Prinzips zu überblicken. Ein solches zu finden, ist der Zweck der vorliegenden Abhandlung, in der die Untersuchung mit Hilfe eines außerordentlich einfachen mathematischen Gesichtspunktes auf die Betrachtung synchroner Schwingungen zurückgeführt wird. Man kann nämlich an jeder einzelnen Stelle des Ozeans die Gezeitenbewegung, die den vereinigten Halbtagskomponenten zur Zeit der Syzygien entspricht, in zwei Schwingungen mit ein für allemal fest angenommenen, voneinander aber um ein Viertel der Periode verschiedenen Epochen zerlegen, als welche die Zeiten 0^h und 3^h (Greenwich) gewählt wurden. Dieses einfache Zerlegungsprinzip, das sich bereits in früheren Arbeiten des Verfassers als sehr nützlich erwiesen hat, führt offenbar dazu, die zur Beobachtung gelangenden Gezeitenerscheinungen als das Ergebnis des gleichzeitigen Vorhandenseins zweier das ganze Weltmeer umfassenden Systeme stehender Schwingungen mit den genannten Epochen aufzufassen, so daß es sich zur näheren Beschreibung vor allem um die Aufschuchung der Knotenlinien jedes dieser beiden Schwingungssysteme handelt. Diese gelang unter Anwendung eines die Anschauung wesentlich unterstützenden Hilfsmittels. Das Netz dieser Knotenlinien, die mit den Flutstundenlinien für 3^h und 9^h einerseits, für 0^h und 6^h andererseits identisch ist, läßt jedes der beiden Systeme als eine Schar von Parallelkurven erkennen mit der für ein System von Knotenlinien charakteristischen Eigenschaft, daß der Abstand der ersten Kurve vom Festlande ungefähr halb so groß ist als der Abstand zweier Parallelkurven untereinander. Letzterer ist eine Funktion der Meerestiefe und stimmt im allgemeinen gut mit der Merianschen Formel. Um jeden Schnittpunkt zweier Knotenlinien verschiedener Systeme entwickelt sich ferner eine sogenannte Amphidromie, d. h. eine sternförmige Anordnung sämtlicher Flutstundenlinien, und zwar ergeben sich (von den Nebenmeeren abgesehen) im Atlantischen Ozean zwei, im Indischen vier und im Stillen Ozean sechs derartige Amphidromien, von denen man bisher (nach Harris) im Indischen Ozean bloß eine und im Pazifischen bloß drei kannte. Zwei unmittelbar benachbarte Amphidromien haben immer den entgegengesetzten Umlaufssinn. Damit ist nun, wenigstens in den Hauptzügen, eine Übersicht über die halbtägigen Gezeitenerscheinungen in den Weltmeeren gewonnen, und zwar sind die Ergebnisse vollkommen im Einklang mit den einfachsten Grundsätzen der Hydrodynamik. Zur Entstehung stehender Schwingungen ist es nämlich durchaus nicht nötig (wie man vielfach angenommen hat), daß der betreffende Meeresteil auf die Periode der Bewegung genau abgestimmt sei; vielmehr wird jedes irgendwie geformte Wasserbecken auf periodische Kräfte, wie die fluterzeugenden Kräfte es sind, mit stehenden Schwingungen reagieren müssen, nur wird natürlich die Lage der Knotenlinien und insbesondere auch die Amplitude von der speziellen Konfiguration und den Dimensionen in besonderem Maße abhängig sein. Da man nun die periodischen Kräfte, die auf jedes einzelne Wasserteilchen einwirken, in zwei gleichfalls periodische Komponenten mit vorgeschriebenen, um 3 Stunden verschiedenen Epochen zerlegen kann, so ist eigentlich von vornherein nichts anderes zu erwarten, als daß sich auch zwei voneinander unabhängige Systeme stehender Wellen in den Ozeanen ausbilden werden. Neben der Feststellung dieser Tatsache besteht das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung vor allem in einer neuen Weltkarte der Isorhachien, der noch zwei speziellere Zeichnungen für die Gebiete der Nordsee und des australasiatischen Mittelmeeres beigefügt sind.

¹⁾ Diese Bezeichnung führt der Autor in Anlehnung an seine frühere Nomenklatur „hochalpin“ und auf Grund eines (brieflichen) Vorschlages von R. Staab und Albert Heim ein.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 27. (Seite 519—534)

8. Juli 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Zur Erinnerung an B. Erdmann. Von *Erich Becher*, München. S. 519.

Besprechungen:

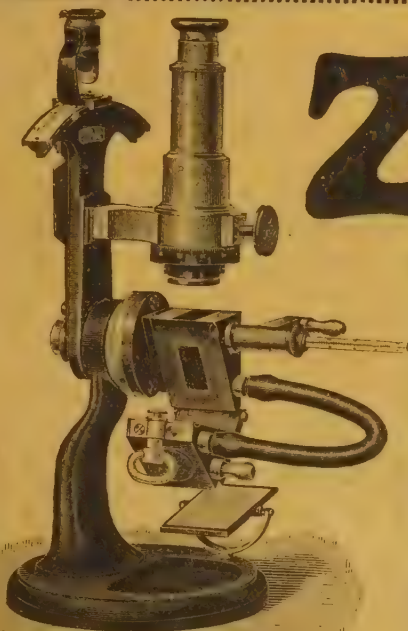
Erdmann, Benno, Grundzüge der Reproduktionspsychologie. Von *K. Huber*, München. S. 524.

Geographische Mitteilungen. S. 529—533.

Der 20. Deutsche Geographentag in Leipzig vom 16.—19. Mai 1921. Die geplante Besteigung

des Mount Everest. Vier Jahre unter Kannibalen. Die tiergeographische Gliederung des nord-westlichen Südamerikas.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein). Die Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa und einige damit zusammenhängende Aufgaben. S. 533—534.



Zeiss
Abbe-Refraktometer

mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe	• Refraktometer
Butter	• Refraktometer
Eintauch	• Refraktometer
Zucker	• Refraktometer
Pulfrich	• Refraktometer
Kristall	• Refraktometer
Differenz	• Refraktometer
Milchfett	• Refraktometer

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. **Anzeigen** für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52
20	20	20	40

 maliger Wiederholung Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C
Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Biedig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. **zur Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder Quartals-raten von (225 III)

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Demnächst erscheint:

Der Gegenstand der Psychologie

Eine Einführung in das Wesen der empirischen Wissenschaft

Von

Paul Häberlin

Prof. ord. an der Universität Bern

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

8. Juli 1921.

Heft 27.

Zur Erinnerung an B. Erdmann¹⁾.

Von Erich Becher, München.

Am 7. Januar dieses Jahres ist *B. Erdmann* nach ganz kurzer Krankheit eines sanften Todes gestorben. Ein Leben, das reich war an Arbeit und Erfolg, reicher an innerem Wert, hat sein Ziel gefunden.

In Guhrau bei Glogau wurde *Erdmann* am 30. Mai 1851 geboren. In seiner Jugend hat er eine Zeitlang die Absicht gehabt, Buchhändler zu werden, ein Plan, der aus der Liebe zum Buch erwachsen sein mag. Die religiösen Probleme, die den Jüngling, den Sohn eines christkatholischen Predigers, bewegten, mußten die Denknatur *Erdmanns* zur Philosophie hindrängen und ihn zur Auseinandersetzung mit der Naturwissenschaft auffordern, die damals, in der Zeit des siegreichen Vordringens der Darwinschen Lehre, zu schärfsten Weltanschauungskämpfen Anlaß gab. In seiner Studienzeit hat *Erdmann* neben der Philosophie und der Mathematik insbesondere die Naturwissenschaft gepflegt, für die sein vielseitiger Geist ebenso begabt war wie für sprachliche, philologische und historische Studien.

Von *Erdmanns* Lehrern hat wohl keiner eine so starke Wirkung auf ihn ausgeübt wie *Helmholtz*, der ihn durch seine philosophischen, psychologischen, naturwissenschaftlichen und mathematischen Forschungen beeinflusste. Von *Darwin* und *Spencer* übernahm *Erdmann* die biologische Entwicklungslehre, die von erheblicher Bedeutung für sein Denken wurde. *Spencer* hat als Philosoph und Psychologe großen Eindruck auf ihn gemacht. Die stärksten philosophischen Einwirkungen hat er ohne Zweifel von *Kant* empfangen; ferner kommen *Spinoza* und *Fechner*, für erkenntnistheoretische und logische Probleme *Hume* und auch wohl *St. Mill*, für das Gebiet der Psychologie endlich noch *Herbart* und seine Schule (*Bonitz*, *Steinthal*) in Betracht. *Erdmanns* selbständiger Geist nahm alle diese Einwirkungen nicht passiv auf, sondern er verarbeitete sie aktiv und kritisch; auch an *Kant* und *Helmholtz* übte er eindringende Kritik.

Im Jahre 1873 promovierte *Erdmann* mit einer Dissertation über „Die Stellung des Dinges an sich in *Kants* Ästhetik und Analytik“. Der Kant-Forschung ist er seither treugeblieben bis in die letzten Jahre seines Lebens. 1876 wurde er Privatdozent in Berlin, schon 1878 Professor

in Kiel. Dann folgte er Rufen nach Breslau (1884), Halle (1890) und Bonn (1898), wo er 11 Jahre lang eine überaus erfolgreiche Lehrtätigkeit ausübte. Nachdem er andere Angebote abgelehnt, entschloß er sich 1909 nur schwer, an die Berliner Universität überzusiedeln, an der er bis zu seinem Tode unermüdlich gewirkt hat. An den Arbeiten der Berliner Akademie der Wissenschaften beteiligte er sich durch eine Reihe von gehaltvollen psychologischen, logischen und historischen Untersuchungen. Auch der Münchener Akademie gehörte er als Mitglied an.

Erdmanns Forschungen erstrecken sich über ein ungemein weites Gebiet, hängen aber doch durch zutage liegende und verborgene Verbindungen derart zusammen, daß von einer Zersplitterung der Lebensarbeit nicht die Rede sein kann. Mit gleicher Hingebung und gleichem Erfolge hat sich *Erdmann* philosophiegeschichtlichen und rein philosophischen Arbeiten gewidmet.

Als *Philosophiehistoriker* leistete *Erdmann* mit strengster philologischer Akribie feinste Filigranarbeit, bei der er keine Mühe scheute. Aber seine hingebungsvolle Kleinarbeit ist überall beseelt von bedeutsamen Problemen und zusammengehalten von der Erfassung weiter und tiefer Zusammenhänge, zu der ihn neben seinem philosophischen und historischen Sinn sein reiches geschichtliches Wissen befähigte. *Erdmann* besaß in hohem Maße die Gabe einfühlen den Verstehens philosophischer Persönlichkeiten; aber sein auf das Sachliche gerichteter Geist strebte doch mehr der historischen Erkenntnis der objektiven Gedankengehalte und der Ideenentwicklung als dem Verständnis der Denkerindividualitäten zu.

Das Hauptgebiet der historischen Arbeiten *Erdmanns* bildet *Kants* Lebenswerk und insbesondere dessen theoretische Philosophie. Hierher gehören zahlreiche Schriften und Ausgaben, von den ersten Publikationen bis zu der wundervoll ausgereiften Berliner Akademieabhandlung über „Die Idee von *Kants* Kritik der reinen Vernunft“ vom Jahre 1917, und bis zur 6. revidierten Ausgabe dieses Kantschen Hauptwerkes (1919). Es geht hier nicht an, die Problemstellungen darzulegen, von denen *Erdmanns* Kantforschungen beherrscht sind, und die Ergebnisse wiederzugeben, zu denen sie gelangen. Nur darauf mag hingewiesen werden, daß *Erdmann* in *Kant* insbesondere den Kritiker sieht, der zeigen will, daß die theoretische Erkenntnis niemals weiter als bis zu den Grenzen der Erfahrung reichen kann.

¹⁾ Das Folgende stellt einen Auszug aus einem größeren Aufsatz dar, der demnächst im Archiv für die gesamte Psychologie erscheinen soll.

Im Dienste der Kantforschung steht auch die Frühschrift über den Mathematiker und Lehrer *Kants Martin Knutzen* („*Martin Knutzen und seine Zeit*“, Leipzig 1876), die, wie der Untertitel sagt, einen Beitrag zur Geschichte der Wolffischen Schule und zur Entwicklungsgeschichte *Kants* darbietet.

Nach dem Tode *Diltheys* übernahm *Erdmann* die Leitung der Kant- und Leibniz-Akademieausgaben. Mit *Leibniz* beschäftigen sich mehrere Veröffentlichungen, andere mit *Descartes*, mit dem Verhältnis von *Locke* zu *Descartes*, mit *Hume* usw. Besondere Erwähnung verdient *Erdmanns* letzte vor seinem Tode veröffentlichte historische Arbeit, eine Berliner Akademieabhandlung aus dem Jahre 1919, die in sehr aufschlußreicher Weise „*Berkeleys Philosophie im Lichte seines wissenschaftlichen Tagebuchs*“ behandelt.

Auch in den von *Erdmann* in stattlicher Reihe herausgegebenen „Abhandlungen zur Philosophie und ihrer Geschichte“ (Halle) steckt ein gut Teil seiner historischen Arbeit. Ferner ist die von ihm bearbeitete 4. Auflage des zweibändigen Grundrisses der Geschichte der Philosophie von *J. Ed. Erdmann* (1896) anzuführen. —

Wir wenden uns nun den Veröffentlichungen zu, in denen *Erdmann* seine eigenen philosophischen Überzeugungen darlegt. Es handelt sich hauptsächlich um erkenntnistheoretische, logische und psychologische Schriften.

Erdmann hat keine systematische Darstellung seiner *Erkenntnistheorie* verfaßt, erkenntnistheoretische Untersuchungen aber in mehreren Werken dargeboten, insbesondere in seiner „*Logik*“ (2. I. Logische Elementarlehre“, Halle 1892, 2. Aufl. 1907), in der Schrift „Über Inhalt und Geltung des Kausalgesetzes“ (Halle 1905) und in dem Buch über „*Die Axiome der Geometrie*“ (Leipzig 1877).

Die Erkenntnistheorie hat die materialen Voraussetzungen der Einzelwissenschaften zu untersuchen. Hierher gehört vor allem die Voraussetzung der kausalen Gesetzmäßigkeit des Wirklichen. Das Kausalproblem, steht durchaus im Vordergrund der *Erdmannschen Erkenntnistheorie*.

Wir erfassen die speziellen Kausalzusammenhänge empirisch auf Grund der Wahrnehmung gleichförmiger Aufeinanderfolge. Von der Gleichförmigkeit der Aufeinanderfolge aus kommen wir zur Kausalbeziehung dadurch, daß wir genötigt sind, in dem regelmäßig vorhergehenden Vorgang etwas anzunehmen (also zu *denken*), was den regelmäßig folgenden *notwendig* hervorbringt. Das Wesen dieses wirkenden Prinzips, der „*Kraft*“, bleibt uns stets unerkennbar. Wir müssen Kräfte *denken*, können sie aber *nicht erkennen*. Der Kraftbegriff ist ein Grenzbegriff unserer Erkenntnis, wie der Kantsche Begriff des Dinges-an-sich. Die Unerkennbarkeit der Kraft oder des Wirkenden und damit des Wirklichen,

Seienden, entbindet uns nicht von der Notwendigkeit, gesetzmäßig wirksame Kräfte anzunehmen und damit ein Seiendes-an-sich zu denken. *Erdmann* bezeichnet diese seine Auffassung als „absoluten Phänomenalismus“.

Warum sind wir nun genötigt, in dem regelmäßig (unmittelbar) vorhergehenden Vorgang ein Etwas (eine Kraft) anzunehmen, das den Folgevorgang, die Wirkung, notwendig hervorruft? Nun, wenn in dem vorhergehenden Vorgang nicht etwas läge, was den Folgevorgang notwendig macht, so wäre anzunehmen, daß auf jenen Vorgang nicht immer der gleiche Folgevorgang, sondern in regellosem Wechsel allerlei verschiedene Vorgänge folgten. Diese Annahme aber ist für unser Denken unmöglich, weil sie dem Bestande der Erfahrung widerspricht, auf Grund dessen sich unser Denken entwickelt hat. Also ist die Annahme einer Kraft, eines Etwas, das im regelmäßig vorhergehenden Vorgang zugrunde liegt und den Eintritt des Folgevorganges notwendig bestimmt, für uns denknotwendig.

Wie man sieht, hat *Erdmann* eine Denknotwendigkeit im Auge, die auf der Organisation unseres Verstandes beruht, und die durch die Erfahrung zustande gekommen ist, auf Grund deren sich unsere Verstandesorganisation, unser kausales Denken entwickelt hat. Hier zeigt sich das *Erdmannsche Streben* nach einem Ausgleich zwischen Empirismus und Rationalismus in einer Form, die an *Spencer* erinnert. Allerdings ist die *Erdmannsche Theorie der Kausalität* und Kausalerkenntnis der *Spencerschen* an Feinheit der Durchbildung überlegen.

Die Tendenz zum Ausgleich zwischen Empirismus und Rationalismus tritt uns auch in der Schrift über „*Die Axiome der Geometrie*“ entgegen. *Erdmann* kommt hier zu dem Ergebnis, die Mathematik gleiche allen anderen Wissenschaften darin, daß sie empirischen Ursprungs sei, daß ihren Untersuchungen allgemeine Induktionen aus der Erfahrung zugrunde liegen, „einer Erfahrung, die in jedem ihrer Elemente sowohl von der Beschaffenheit der Dinge als dem Wesen der psychischen Tätigkeiten bedingt ist, jede Vorstellung deshalb sowohl als aposteriorisch wie auch als apriorisch fassen läßt“ (S. 173). *Erdmann* vertritt also nicht etwa eine rein empiristische Theorie der Mathematik, und zwar darum nicht, weil seine (von *Kant* beeinflusste) Auffassung vom Wesen der Erfahrung nicht empiristisch ist. Zu *Kants* erkenntnistheoretischer Ansicht von der Mathematik, insbesondere zu der Kantschen Raumlehre steht *Erdmanns* Theorie in schroffem Widerstreit. Die „*Riemann-Helmholtzsche Raumtheorie*“ macht die Kantsche Auffassung des Raumes als einer notwendigen und allein möglichen Form der Sinnlichkeit hinfällig. Darin liegt ihre erkenntnistheoretische Bedeutung; in psychologischer Hinsicht bestätigt die neue geometrische Raumlehre die empiristische Raumtheorie.

Man sieht, wie kritisch der „Kantianer“ *Erdmann* bereits in dieser früh verfaßten Schrift wichtigen Bestandteilen der Kantischen Lehre gegenübersteht. Die Grundrichtung seines Denkens ist stärker dem Empirismus angenähert. —

Wenden wir uns nunmehr der *Logik* zu, die nach *Erdmann* die *methodischen* Grundlagen, die formalen Voraussetzungen unseres Erkennens zu erforschen hat. Außer dem ersten Bande seiner „*Logik*“, der „*Logischen Elementarlehre*“, hat *Erdmann* eine Reihe einschlägiger Abhandlungen veröffentlicht. Den zweiten Band der „*Logik*“, der die Methodenlehre bringen sollte, hat er vorbereitet, jedoch leider nicht fertiggestellt. Schließlich hat er den ersten Band so umgestaltet, daß er ein abgeschlossenes Ganzes bietet. In dieser Form soll die *Logik* bald (als 3. Auflage) von neuem herausgegeben werden.

Für ein das ganze umfangreiche Werk und die logischen Abhandlungen gleichmäßig berücksichtigendes Referat fehlt hier der Raum. Wir beschränken uns darauf, die Grundeinstellung der Erdmannschen *Logik* zu charakterisieren und einige besonders wichtige Punkte zu berühren.

Die Formelemente des Denkens sind in allen wissenschaftlichen Methoden die gleichen, nämlich sprachlich formulierte *Urteile* und aus ihnen gebildete Schlüsse. Darum steht das Urteil im Mittelpunkt der Erdmannschen *Logik*, insbesondere der logischen Elementarlehre.

Die Methoden des Erkennens zielen auf Wahrheit, d. h. im Sinne von *Erdmann* auf Allgemeingültigkeit. Die Wahrheit ist also die Richtschnur, die Norm zur Prüfung der methodischen Grundlagen des Erkennens. Dementsprechend ist die *Logik* eine Normen gebende, eine normative Wissenschaft.

Also ist sie kein Teil der Psychologie, die eine Tatsachenwissenschaft, nicht eine Normenwissenschaft darstellt. Indessen kann die *Logik* die Erkenntnis des Tatbestandes unserer Denkvorgänge, also die Psychologie des Denkens nicht entbehren; man kann keine Normen ableiten für Denkopoperationen (Methoden und zuletzt Urteile), deren Bestand und Verlauf man nicht kennt. In der Tat ist *Erdmanns* *Logik* reich an wertvollen psychologischen Untersuchungen. Unzulässig ist es, tatsachenwissenschaftliche psychologische und normative logische Untersuchungen zu verwechseln oder sie unklar zu vermengen.

Das primäre Formelement des Denkens ist das Urteil. Begriffe sind nicht etwa einfachere Formelemente als die Urteile; sie sind vielmehr erst Produkte der mehr oder weniger verwickelten Urteilsverknüpfungen der Beschreibung, Definition und Einteilung. Sie sind daher erst in der Methodenlehre zu behandeln. Statt durch die Lehre vom Begriff unterbaut *Erdmann* die Urteils- und Schlußlehre durch eine allgemeine Lehre von den Gegenständen des Denkens, die er mit den Vorstellungen, genauer mit möglichen Vorstellungsinhalten identifiziert.

Diese Lehre von den Gegenständen des Denkens teilt deren Gesamtheit in einer fein durchgeführten Gliederung sorgfältig ein, behandelt ihre Merkmale, ihren Inhalt, ihre logischen Beziehungen usw. und leistet dadurch der Erdmannschen *Logik* ähnliche Dienste, wie sie sonst die Lehre vom Begriff der *Logik* zu leisten pflegt. *Erdmanns* Lehre von den Gegenständen des Denkens (die von der Gegenstandstheorie *Meinongs* sehr wesentlich verschieden ist) behält ihre philosophische Bedeutung, auch wenn man sie aus dem Zusammenhang löst, in den sie ihr Urheber in seiner *Logik* gestellt hat.

Der Lehre von den Gegenständen folgt die Urteilslehre, der Hauptteil des ganzen Werkes. In deren Mittelpunkt steht die logische Bestimmung des elementaren Urteils. Um diese zu verstehen, muß man sich zunächst vor Augen halten, daß *Erdmann* Subjekt und Subjektsgegenstand identifiziert. Das Subjekt ist der Gegenstand (d. h. die im Bewußtsein wirkliche, teilweise wirkliche oder doch mögliche Vorstellung) von dem (von der) etwas ausgesagt wird. Der Inhalt des Subjektes im weitesten Sinne, also der Inbegriff dessen, was diesem Gegenstande irgendwie zugehörig ist, entscheidet darüber, was von ihm ausgesagt werden kann. Jedes mögliche Prädikat muß im Subjektsinhalt enthalten sein, anders ausgedrückt, es muß einem Teil des Subjektsinhaltes oder im Grenzfall dem ganzen Subjekt gleich sein.

Die einem Gegenstande (d. h. nach *Erdmann* einem möglichen Vorstellungsinhalt) zukommenden Bestimmungen sind „in“ ihm enthalten oder vorgestellt. *Erdmann* bezeichnet dieses „In-dem-Gegenstande-Vorgestelltsein“ seiner Merkmale und Bestimmungen als *logische Immanenz* oder *Einordnung* derselben. Dem Gegenstande, d. h. dem vollständigen Vorstellungsinhalte, sind alle ihm zukommenden Merkmale oder Bestimmungen „logisch immanent“ oder eingeordnet.

Dabei bleibt es nun auch, wenn diese Bestimmungen als *Urteilsprädikate* von dem Gegenstande (von einem Subjekt) ausgesagt werden. Die Trennung des Prädikats vom Subjekt vollzieht sich nur in der Sprache, nicht in den Bedeutungsvorstellungen. Das Prädikat ist nicht nur einem Teile des Subjektsinhaltes *gleich*, sondern es ist diesem Subjektsinhalt *eingeordnet*. Das elementare Urteil ist die *Einordnung* eines Gegenstandes (des Prädikats) in einen anderen (in das Subjekt). *Erdmann* bezeichnet diese seine Auffassung des Urteils als *Einordnungstheorie*.

Im Anschluß an die Urteiltheorie werden Grundsätze der Aussage entwickelt. Weiterhin behandelt *Erdmann* dann die Benennungen und Fragen. Ferner folgt die Einteilung der Urteile. In allen diesen Kapiteln wird Wertvolles und Neues geboten. Doch können wir darauf nicht eingehen.

Kurz sei auf die charakteristische Auffassung der *Denknotwendigkeit* bei *Erdmann* hingewiesen. Denknotwendig sind Urteile, deren kontradiktorische für uns undenkbar sind. Den logischen Grundsätzen, sowie den Grund- und Lehrsätzen der reinen Mathematik kommt Denknotwendigkeit zu. Aber von dieser Denknotwendigkeit dürfen wir nur behaupten, daß sie für *unser* Denken gilt. Wir kennen kein anders organisiertes Denken und sind daher nicht sicher, ob das, was für uns denknotwendig gilt, für jedes Denken, also unbedingt und ewig gelten muß. —

Wir kommen zur Lehre vom Schließen. Den *sylogistischen Schluß* faßt *Erdmann* auf Grund seiner Einordnungstheorie des Urteils als einen *Schluß durch Einordnung* auf. Ist einem Subjekt *S* ein Prädikat *M* eingeordnet, und ist diesem *M* als Subjekt ein Prädikat *P* eingeordnet, so ist dem *S* mit *M* offenbar auch *P* eingeordnet. Aus: *S* ist *M*, *M* ist *P*, folgt also: *S* ist *P*.

In der Lehre vom *induktiven* Schließen stellt *Erdmann* der *verallgemeinernden* Induktion eine *ergänzende* zur Seite. Jene ist durch das Schema: *S*₁, *S*₂, *S*₃ . . . sind *G*; alle *S* werden also *G* sein, gekennzeichnet, die ergänzende Induktion hingegen durch das Schema: *G* ist *P*_α, *P*_β, *P*_γ . . .; *G* wird also *P* sein. Dabei stellen *P*_α, *P*_β, *P*_γ . . . Einzelbestimmungen des *P* dar, dessen Inhalt aber durch sie nicht erschöpft wird.

Was berechtigt nun zu der induktiven Verallgemeinerung, zu der Erwartung etwa, daß wie die *S*₁, *S*₂, *S*₃ . . ., so alle *S*, auch die nichtgegebenen, *P* sein werden? Dieser Erwartung liegt die Voraussetzung zugrunde, daß in den nicht gegebenen *S* die gleichen Ursachen vorhanden sein werden, die in den gegebenen *S* (in *S*₁, *S*₂, *S*₃ . . .) enthalten sind und mit diesen das *G* verknüpfen. Ferner setzt diese Erwartung voraus, daß die gleichen Ursachen die gleichen Wirkungen hervorbringen. Die letztere Voraussetzung wird durch das Kausalprinzip sichergestellt, das eine Forderung unseres Denkens darstellt, die diesem durch unsere Erfahrung, speziell durch die regelmäßige Aufeinanderfolge von Vorgängen in ihr, aufgenötigt wird. Die andere Voraussetzung aber, daß auch in den nichtgegebenen Fällen die gleichen Ursachen vorhanden sein werden wie in den gegebenen, beobachteten, ist selbst ein induktiver Satz, und zwar einer jener induktiven Sätze, die uns als materiale Grundsätze unseres empirischen Erkennens begegnen. Diese Voraussetzung ist der Grundsatz der Induktion, ihr Grundgedanke, der nichts anderes enthält als die induktive Schlußweise selbst. Sie läßt sich nur durch ihre Bewährung in der Erfahrung rechtfertigen. Darum bleibt sie für uns ein *problematischer* Satz.

Zur logischen Methodenlehre hat *Erdmann* eine Reihe von Aufsätzen veröffentlicht, die wir hier jedoch trotz ihres bedeutsamen Inhaltes übergangen müssen. —

Es bleibt nun noch ein Hauptgebiet des *Erdmannschen* Forschens zu betrachten: die *Psychologie*. Hier hat *Erdmann* eine Fülle von Teilgebieten und Problemen behandelt: das Leib-Seele-Problem und das des Unbewußten, die Psychologie der Wahrnehmung (der Apperzeption), der Reproduktion, der Aufmerksamkeit, der Abstraktion, der Phantasie, des Denkens, der Sprache, des Lesens, des Kindes usw.

Dieser großen Mannigfaltigkeit von Problemen und Gebieten entspricht die Vielheit der benutzten Methoden. Beim Leib-Seele-Problem handelt es sich um eine philosophische Betrachtung, die (wie überall bei *Erdmann*) enge Fühlung mit den Einzelwissenschaften hält. Überhaupt betrachtet und behandelt *Erdmann* die Psychologie als eine *philosophische* Disziplin, ohne zu verkennen, daß sie durch die wachsende Fülle ihrer empirischen und experimentellen Einzelarbeit dem Charakter einer Einzelwissenschaft näherkommt. Im Vordergrund steht in der psychologischen Methodik *Erdmanns* die nicht-experimentelle Selbstbeobachtung, die er meisterlich ausübte. Bei seinen gemeinsam mit *R. Dodge* durchgeführten „Psychologischen Untersuchungen über das Lesen“ (Halle 1898) hat er jedoch auch erfolgreich experimentell gearbeitet.

Bei der philosophischen Einstellung der *Erdmannschen* Psychologie wird es angebracht sein, in unserer Darstellung von demjenigen ihrer Hauptprobleme auszugehen, das am ausgesprochensten philosophischen Charakter trägt, vom Leib-Seele-Problem. Wir kommen damit zu einem Kardinalpunkte der *Erdmannschen* Philosophie, in dem sich erkenntnistheoretische und psychologische Überzeugungen verknüpfen, in dem sie einfließen in die Synthese einer umfassenden Weltanschauung. Denn auf solche Weltanschauung zielte schließlich *Erdmanns* Philosophie. Freilich hält straffe intellektuelle Selbstzucht *Erdmann* auf dem Wege zu diesem Ziele dort an, wo die Grenzen wissenschaftlicher Hypothesenbildung erreicht scheinen. Im Gebiet jenseits dieser Grenzen hat der religiöse Glaube sein Daseinsrecht.

Die Antwort, die *Erdmann* auf das Leib-Seele-Problem gibt, stellt eine bestimmte Form des psychophysischen Parallelismus dar. Daß es sich dabei nur um eine Hypothese handelt, wird von *Erdmann* stark betont; dies zeigt schon der Titel des einschlägigen Werkes: „Wissenschaftliche Hypothesen über Leib und Seele“ (Köln, ohne Jahr — 1907).

Entscheidend für *Erdmanns* parallelistische Beantwortung der Leib-Seele-Frage ist seine Anerkennung der mechanischen Naturauffassung einschließlich des biologischen Mechanismus. Diese Naturauffassung war in der Zeit, in der sich die Grundrichtungen des *Erdmannschen* Denkens bildeten, durchaus vorherrschend in der Naturwissenschaft. *Erdmann* hat unter dem

Eindruck gestanden, daß die Entwicklung der neueren Naturwissenschaft in Physik und Biologie die mechanische Naturauffassung mehr und mehr beständige.

Die mechanische Naturauffassung und der biologische Mechanismus schlagen leicht in Materialismus um. Dieser scheitert aber an dem Umstande, daß unsere Bewußtseinsvorgänge nichts Materielles, insbesondere auch keine Bewegungen von Hirnteilchen sind. Ferner sündigt der Materialismus gegen die erkenntnistheoretische Lehre, daß die Materie nichts Absolutes, An-sich-Existierendes ist, sondern der Erscheinungswelt angehört, der eine unerkennbare absolute Wirklichkeit zugrunde liegt.

Ist der Materialismus widerlegt, ist also anzuerkennen, daß die Bewußtseinsvorgänge nicht als etwas Materielles aufzufassen sind, so erhebt sich die Frage, wie diese seelischen Vorgänge mit den leiblichen zusammenhängen. Da der Zusammenhang ein gesetzmäßiger ist, liegt es ganz nahe, ihn als einen kausalen zu deuten, also Wechselwirkung von Leib und Seele anzunehmen. Dann gerät man indessen mit der mechanischen Naturauffassung und insbesondere mit dem biologischen Mechanismus in Konflikt, sofern sie annehmen, daß auch die Vorgänge in unserem Leib und Gehirn Bewegungsvorgänge sind, die nur mechanische, niemals aber immaterielle, psychische Ursachen haben. Ferner bereitet der Energieerhaltungssatz der Wechselwirkungslehre Schwierigkeiten.

Lehnen wir die Wechselwirkungslehre ab, so bleibt der Parallelismus übrig, d. h. die Hypothese, daß die Bewußtseinsvorgänge gewisse Gehirnvorgänge gesetzmäßig begleiten, diesen „parallel“ gehen, ohne mit ihnen in kausalem Zusammenhang zu stehen.

Analogieschlüsse und Kontinuitätsbetrachtungen, insbesondere auch solche entwicklungstheoretischer Natur, fordern, daß wir allen Lebewesen, auch den Einzelligen und den Pflanzen, überhaupt allen Zellen und aller lebenden Substanz ein Seelenleben zusprechen. Wenn aber alle lebende Substanz beseelt ist, so wird es sich doch nicht überall um Bewußt-Seelisches, sondern in weitestem Umfange um Unbewußt-Seelisches handeln. Zu der Annahme von Unbewußt-Seelischem gelangt *Erdmann* insbesondere durch Betrachtung der Gedächtnisresiduen; er übernimmt zunächst die übliche Ansicht, daß diese physische Erregungsnachwirkungen darstellen, sieht sich aber zu der Auffassung genötigt, daß sie neben der physischen auch eine psychische Seite haben, und da diese sich im Bewußtsein nicht findet, ist sie als unbewußt-psychisch anzunehmen.

Nach der Auffassung des biologischen Mechanismus ist die lebende Substanz nicht prinzipiell von der toten Materie verschieden. *Erdmann* neigt überdies der Urzeugungshypothese zu, welche die Kluft zwischen der toten und der lebenden Natur vollends überbrückt. So kommt

er zu dem Ergebnis, daß man der toten Natur die Beseelung nicht wohl absprechen könne, wenn man sie aller lebenden Substanz zuerkennt. Wir gelangen so zu der Hypothese, daß allem Körperlichen Seelisches zur Seite steht; wir kommen zum universellen Parallelismus.

Bei der weiteren Ausdeutung dieser Hypothese kommt dann die phänomenalistische Erkenntnistheorie in Betracht. Über die Welt des Bewußtseins kommt unser Erkennen nicht hinaus. Darum können wir auch das Wesen des unbewußten Seelischen nicht erkennen. Aber das, was in der Innenwelt für uns unerkennbar ist, der unbewußte Untergrund unseres Seelenlebens, hat doch sein Gegenstück in der Außenwelt. Auch für sie haben wir eine unerkennbare transzendente Grundlage anzunehmen. Das Unerkennbare, Transzendente ist nun hier wie dort *dasselbe* gesetzmäßig wirksame Seiende. So gelangen wir zu einem „phänomenologischen Dualismus auf monistischer Grundlage“.

Leider hat *Erdmann* diese erkenntnistheoretisch begründete monistische Interpretation des Parallelismus nur in sehr knappen Andeutungen dargeboten: —

Im letzten Jahre seines Lebens hat *Erdmann* unter dem Titel „Grundzüge der Reproduktionspsychologie“ (Berlin u. Leipzig 1920) eine systematische Darstellung seiner psychologischen Lehren veröffentlicht. Hier faßt er in knapper, eindrucksvoller Form Forschungen zusammen, die er vor Jahrzehnten begonnen und in einer Reihe von Büchern und Abhandlungen publiziert hatte; zu dem früher Erarbeiteten fügt er in diesem seinem letzten Buche nicht unwesentliche Ergänzungen hinzu.

Da in diesem Hefte der „Naturwissenschaften“ *K. Huber* ein eingehendes Referat über diese zusammenfassende und abschließende Darstellung der Erdmannschen Psychologie gibt, erübrigt es sich hier, darauf einzugehen. Einige wenige Worte zur allgemeinen Charakterisierung mögen genügen. *Erdmann* behandelt ganz vorwiegend das intellektuelle Seelenleben. Dieses stellt sich ihm dar als ein Getriebe von Wahrnehmungs- und „abgeleiteten“ Vorstellungen sowie von unbewußt erregten Residuen von Vorstellungen, das nach Reproduktionsgesetzen abläuft und von der Reproduktionsenergie der Aufmerksamkeit beherrscht wird. Auch das Denken ist ein Vorstellungsgeschehen, sofern es nicht bloß einen unbewußten Erregungsverlauf darstellt, der einen Vorstellungsverlauf vertritt. Beziehungserfassen, Vergleichen und Unterscheiden, das sich an Vorstellungen, auch an Wahrnehmungsvorstellungen vollzieht, ist Denken. Beziehungen sind neben den Empfindungen schon in den Wahrnehmungsvorstellungen enthalten. Diese ergeben sich aus dem „apperzeptiven“ Zusammenwirken von Reizen und Gedächtnisresiduen, das von *Erdmann* sehr eindringend untersucht wird. —

Mit den bisher von uns berücksichtigten

großen Hauptgebieten des Erdmannschen Forschens ist die ganze Ausdehnung seines Arbeitsfeldes noch nicht erschöpft. Doch fehlt hier der Raum, auf weitere, kleinere Veröffentlichungen zur Ethik, über den modernen Monismus, über die materialistische Geschichtsauffassung usw. einzugehen. —

Die weitgreifende und tiefdringende Forschungsarbeit und das erstaunlich reiche und vielseitige Wissen *Erdmanns* boten ein festes Fundament für seine gewiß nicht minder umfang- und erfolgreiche Lehrtätigkeit. Der Eindruck seiner Vorlesungen, in denen er aus der Fülle des von ihm selbst Erarbeiteten schöpfte, wurde verstärkt durch die glänzende Darstellung, die es zu einem hohen, wenngleich nicht leichten Genuß machte, *Erdmann* zu hören.

Unübertrefflich war *Erdmanns* Lehrtätigkeit im Seminar. Sein starker, nie ermüdender Wille führte stets den Gang der Seminarverhandlung fest und sicher zum Ziele hin, ließ nie das Niveau der Diskussion sinken, hielt auch bei der feinsten, schwierigsten und langwierigsten Kleinarbeit die Studierenden fest.

Groß war *Erdmanns* äußerer Lehrerfolg. Seine Vorlesungen und Übungen waren stark besucht. Aus seinem Seminar sind viele Hochschullehrer des In- und Auslandes hervorgegangen.

Bei aller Kraft des Intellektes und des Willens wäre *Erdmann* seinen Schülern nicht das gewesen, was er ihnen war und bleibt, wenn nicht die tiefe Güte seines Herzens hinzugekommen wäre, die seine unermüdliche Arbeit für die ihm nahe tretenden Studenten beseelte. Es war eine starke, von Sentimentalität freie Güte, die nicht auf den Lippen getragen, sondern durch die Tat erwiesen wurde.

Erdmanns Lehrereigenschaften waren der Ausdruck seiner einheitlich geschlossenen Persönlichkeit, die sich mit gleicher Kraft und gleichem Reichtum in seinem Familienleben und seiner Freundschaft entfaltete. Voll abgeklärter Lebensweisheit und doch so gar nicht „diplomatisch“-schlau, offen und ehrlich, eine geradlinige, starke, gesunde Natur, schnell entschlossen, zielklar und fest im Wollen und Wirken, kraftvoll, gütig und unverbrüchlich treu, so steht *Erdmann* als Mensch vor unserem geistigen Auge.

Zur Ergänzung vgl. außer meiner ausführlicheren Darstellung, die demnächst im Arch. f. d. gesamte Psychologie erscheint, das unten folgende Referat von *K. Huber* über *Erdmanns* Reproduktionspsychologie, sowie das *Erdmanns* Kausalitätstheorie behandelnde 23. Kapitel der „Geschichte des Kausalproblems in der neueren Philosophie“ von *Else Wentscher* (Leipzig 1921), endlich einen Aufsatz derselben Verfasserin über *Erdmann* als Philosophiehistoriker, der bald in den Kant-Studien erscheinen dürfte. Dort soll später ein der Erdmannschen Logik gewidmeter Aufsatz von *J. B. Rieffert* folgen. Eine gehaltvolle und eindringende Rezension der 1. Auflage der Logik hat

Cl. Baerumker 1893 in den Göttinger gelehrte Anzeigen (S. 745—786) veröffentlicht.

Wie ich soeben erfahre, wird *C. Stumpf* in der Berliner Akademie *B. Erdmann* einen Nachruf widmen, der voraussichtlich bald im Druck vorliegen wird.

Besprechungen.

Erdmann, Benno, Grundzüge der Reproduktionspsychologie. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1920. VIII, 186 S. Preis M. 20,—.

Ein trauriges Schicksal fügt es, daß dies Referat über eine der bedeutendsten psychologischen Neuerscheinungen des vergangenen Jahres, über *Benno Erdmanns* „Grundzüge der Reproduktionspsychologie“, sich zum Nachruf auf den großen Gelehrten gestalten muß, den ein unerwartet rascher Tod mitten aus reichstem Schaffen riß. Ein Werk, so von Lebendigkeit durchpulst wie *Erdmanns* Buch, voll gestaltender Kraft und wichtiger Ausblicke in eine zukünftige Psychologie, zeugt nur in seiner abgeklärten Reife, daß es einem Fertigen angehöre, der von hoher Alterswürde aus die Arbeit eines Lebens in einer letzten eindrucksvollen Darstellung zusammenfaßt. Frühere Forschungsergebnisse und vielfach zerstreute Gedankengänge in oft ganz neuer Beleuchtung zum geschlossenen System vereinigend, gibt *E.* eine klare Formulierung und allseitige Begründung seines psychologischen Standpunkts. Einleitend bekennt er sich zu jener Auffassung der Psychologie, die im modernen Wissenschaftsbetrieb ohne Frage zu kurz gekommen war: Die Psychologie ist ihm ein Teilgebiet der Philosophie, keine Sonderdisziplin der exakten, vor allem experimentellen Naturwissenschaften; eine Wissenschaft, die überall auf stillschweigenden philosophischen Voraussetzungen, ja auf Einstellungen einer Weltanschauung ruht. Dem Titel nach zu schließen, behandelt *Erdmanns* Buch zwar nur einen relativ kleinen Ausschnitt der Gesamtpsychologie, nämlich jene Erscheinungen des Seelenlebens, die in irgendwelcher Weise unter den Begriff der Reproduktion, der Wiedererzeugung früherer seelischer Inhalte und Dispositionen, fallen; also im großen Ganzen ein Gebiet der Vorstellungs- und Gedächtnispsychologie. Doch wie sehr jene Einzelercheinungen unter dem Gesichtspunkt des Ganzen einer psychologisch-philosophischen Gesamteinstellung erschaut sind, bezeugen schon die „einleitenden Vorbemerkungen“ des ersten Kapitels, die *Erdmanns* Psychologie in ihrer letzten Fassung in nuce und damit die Grundlage später ins einzelne entwickelter Gedankengänge enthalten.

Die seelischen Vorgänge faßt *E.* als biologische Vorgänge auf; sie vollziehen sich in einem Verlauf andrängender Reize und diesen entsprechender Reaktionen. Die Grundanschauung des psychophysischen Parallelismus führt er als nicht zu entbehrende „Arbeitshypothese“ ein; er bezeichnet die Wirklichkeit der uns unmittelbar gegebenen seelischen Inhalte als wesensverschieden von den nervösen Vorgängen, mit denen sie stets verbunden sind. Der geläufigen Dreiteilung jener physiologischen Korrelate seelischen Geschehens in zentripetale oder sensorische, zentrale oder psychophysische, zentrifugale oder motorische Bewegungen — die freilich nur den Charakter einer repräsentativen Typeneinteilung hat — setzt *E.* auf der psychischen Seite eine — ebenso als Typeneinteilung mit mannigfachen Übergängen aufzufassende — Zweitei-

lung der seelischen Gegebenheiten in *intellektuelle* und *emotionale* parallel. Die intellektuellen Inhalte, denen das ganze Gebiet der Objekthalte von den primitivsten Sinneswahrnehmungen bis zu den kompliziertesten Vorstellungen und Gedanken angehört, entsprechen den *Endgliedern* der sensorischen Reihe; die emotionalen Inhalte, die alle Erscheinungen des Fühlens und — nach *Erdmann* — des daraus entspringenden Wollens umfassen, den *Anfangsgliedern* der motorischen Reihe. Auch hier sind wieder einzelne Typen besonders herauszugreifen, deren wichtigster, emotionale und intellektuelle Elemente zugleich enthaltender, die in einem späteren Kapitel eingehend gewürdigte Aufmerksamkeit darstellt.

Die seelischen Inhalte zusammengekommen konstituieren das *Bewußtsein*, das für *Erdmann* nicht einen substantiellen Träger seelischer Gehalte, sondern lediglich einen zusammenfassenden Funktionsbegriff bedeutet. Es besteht nicht neben, sondern *in* seinen jeweiligen Einzelinhalten. Bewußtseinsvorgang und Bewußtseinsinhalt, in dem sich der erstere bekundet (z. B. das Hören im Gehörten), sind nur zwei künstlich zu isolierende Seiten einer und derselben Wirklichkeit, wie Selbstbewußtsein und Selbstwahrnehmung nur zwei durch die Richtung der Aufmerksamkeit auf das erlebende Subjekt oder den erlebten Inhalt voneinander unterschiedene Formen der nach innen gerichteten Aufmerksamkeit darstellen.

Der biologische Charakter der psychischen Vorgänge als Reaktionen läßt auch die ältere Scheidung zwischen aktiven und passiven seelischen Inhalten, Rezeptivität und Spontaneität wie die neuere Annahme besonderer psychischer „Akte“ als untunlich erscheinen. Intellektuelle wie emotionale Inhalte weisen eben als *Reaktionen* immer aktive und passive Momente zugleich auf, wenn auch die ersteren ein besonderes Gegenstandsbewußtsein, die letzteren ein als „reaktiv“ zu bezeichnendes Zustandsbewußtsein charakterisiert.

Unter den spezielleren Gliederungen der Bewußtseinsinhalte wird die von *Erdmann* in früheren Arbeiten eingeführte Unterscheidung aller aus der Wahrnehmung irgendwie abgeleiteten seelischen Inhalte als *Repräsentate* — unmittelbare der Erinnerungen, mittelbare der Einbildungen und abstrakten Vorstellungen — von den Wahrnehmungen selbst als *Präsentate* für die folgenden Untersuchungen grundlegend. Beides, Repräsentate wie Präsentate, faßt *E.* unter dem Begriff der Vorstellung zusammen, damit den von *Chr. Wolff* ursprünglich eingeführten weiten Gebrauch dieses Terminus wiederherstellend. Wie die eben erwähnte Unterscheidung berührt auch die eng damit zusammenhängende Fassung der Sinneswahrnehmungen als raumzeitlich geordneter Inbegriffe oder Mannigfaltigkeiten von Empfindungen einen wesentlichen Punkt der *Erdmannschen* Psychologie. Diese geht von der *Wahrnehmung* als unmittelbarem Erlebnisbestand aus. Die Empfindungen in ihrer qualitativen Bestimmtheit und modalen Verschiedenheit von Sinn zu Sinn bilden wohl die einfachsten, nicht weiter zerlegbaren und in diesem Betracht elementaren Glieder von Wahrnehmungsinbegriffen; aber sie sind — was *E.* betont — unselbständige Glieder, die nie für sich selbst existieren. Sie entstehen nicht vor den Beziehungen, in denen sie gegeben sind, sondern in und mit denselben als Glieder der Inbegriffe. Der Ursprung der letzteren aber erweist sich für die Analyse als ein *empirisch-assoziativer*.

Auf die nähere Bestimmung dieser assoziativen Grundlage der Wahrnehmungsinbegriffe wirkt nun die

biologische Grundauffassung des Seelischen richtunggebend ein. In diesem Punkt weicht *Erdmanns* Assoziationsbegriff prinzipiell von dem mechanistischen der klassischen Assoziationspsychologie ab. Die individuelle Assoziation durch Gewöhnung — *Hume's* Assoziation durch Kontiguität — setzt nämlich nach *Erdmanns* Ansicht ein Zusammenbestehen und Aufeinanderbezogensein von Empfindungen desselben Sinns oder verschiedener Sinne *vor* der Gewöhnung daran schon voraus. Ein solches läßt sich nur durch die Annahme präformierter zentraler Bahnen im Großhirn verständlich machen, auf denen die verschiedenen Erregungen desselben Sinns oder verschiedener Sinneszentren ineinander überfließen, aufeinanderwirken und so eine primäre Verflechtung der durch sie ausgelösten Empfindungen veranlassen. Dieser *primären Assoziation durch Verflechtung* — deren Annahme freilich bei unserer heutigen Kenntnis der kortikalen Erregungen noch nicht zu verifizieren ist — setzt *E.* die individuelle Assoziation durch Gewöhnung als *sekundäre Assoziation* nach, deren Funktion im wesentlichen in einer Erweiterung und Befestigung der *physiologisch* bedingten primären Assoziationen erblickend. Unter den solchermaßen entstandenen Wahrnehmungsverflechtungen beansprucht eine gewisse Gruppe besonderes Interesse, in der die einzelnen Empfindungsmomente so eng zu einem Ganzen verschmelzen, daß sie — im allgemeinen — durch zergliedernde Aufmerksamkeit nicht mehr voneinander zu lösen sind; hierher ist beispielsweise die Verschmelzung von Teiltönen zum Einzelklang, von Sache und Wortbild zu rechnen. *Erdmann* nennt sie *assoziative Verschmelzung*. Eine dritte und — genetisch betrachtet — *tertiäre* Assoziationsform ist endlich in der *Ähnlichkeitsassoziation* zu erblicken, welche die primäre und sekundäre Verflechtungsassoziation überall zur Voraussetzung hat.

Soweit reicht die einleitende Skizzierung der im folgenden vorausgesetzten Grundbegriffe. Die Formulierung des eigentlichen Problems der Reproduktionspsychologie geht von einer vorläufigen Distinktion der Begriffe Assoziation und Reproduktion aus. Unter Assoziation will *E.* zunächst im üblichen Wortsinn „bestimmte Arten individuell erworbener Verknüpfung zwischen Bewußtseinsinhalten und die Prozesse, die zu solcher Verknüpfung führen“ verstanden wissen; als Reproduktion im geltenden Sprachgebrauch bezeichnet er hingegen „die Vorgänge, durch die früher gegebene Bewußtseinsinhalte, die mit gegenwärtig gegebenen in assoziativem Zusammenhang stehen, entsprechend diesem Zusammenhang aufs neue über die Schwelle des Bewußtseins gehoben werden“. Der Verlauf der Untersuchung führt jedoch in bedeutsamer und einschneidender Erweiterung und Umbildung vor allem zu *drei* „Korrekturen“ der beiden Begriffe, als deren erste und grundlegende die eben erörterte Annahme primärer physiologischer Assoziationen anzusehen ist.

Den Vorgang der Reproduktion erläutert *E.* in deutlichem Hinblick auf die entwickelte Hypothese zunächst an dem physiologischen Beispiel der Einübung und Automatisierung von Bewegungen, z. B. der Fingerbewegungen des Klavierspielers, der Sprachbewegungen. Dieser physiologischen Übung ist diejenige auf sensorisch-intellektuellem Gebiet, etwa des Mikroskopikers, der Einfluß der Wiederholung auf das leichtere Zustandekommen emotionaler Erregungen durchaus analog. Überall führen die Tatsachen zur Annahme von Spuren oder *Residuen* physiologischer Natur.

welche die einzelnen Wiederholungen eines Vorgangs, ja ein einziger eindrucksvoller Vorgang, im nervösen Zentralorgan zurücklassen und die in uns unbekannten Umlagerungen, in Wachstum und Neuaufbau zentraler Neuronen bestehen mögen; jedenfalls sind sie durchweg *prozessualer* Natur. Psychologisch stellen solche Residuen nicht etwa schwächste unterschwellige Bewußtseinsinhalte dar — die Leibnizsche Hypothese der „petites perceptions“ wird in jeder Form abgelehnt —, sondern *unbewußte Bedingungen des Bewußtseins*. Die Ergebnisse der Analyse führen zur Formulierung eines Postulats für jede mögliche Gedächtnishypothese. Es fordert, „daß alle unsere intellektuellen und emotionalen Bewußtseinsinhalte sowie alle Arten damit zusammenhängender reagierender Bewegungen nach Maßgabe ihrer Häufigkeit und Eindringlichkeit in uns Residuen ihrer selbst in assoziativem Zusammenhang hinterlassen, welche Dispositionen zu Reproduktionen abgeben.“

Das Postulat ist mit Rücksicht auf daraus sich ergebende Probleme weit gefaßt. Es trennt 1. prinzipiell die assoziative Verknüpfung von der durch sie bedingten, also assoziativen Reproduktion; es schließt 2. die primäre Assoziation in seine Formulierung ein und umgekehrt 3. die Möglichkeit einer anderweitigen dispositionellen, *nichtassoziativen* Reproduktion nicht aus. Das Postulat beschränkt 4. die auslösenden Bedingungen der Reproduktion nicht auf gegenwärtige Bewußtseinsinhalte, endlich das Reproduzierte selbst überhaupt nicht auf solche. In der Lösung der hier offen gelassenen Probleme besteht die Aufgabe der Reproduktionspsychologie.

Der Aufbau der Lösung dieser Probleme sei ob der manchmal fast verwirrenden Fülle der darin verarbeiteten Einzelfragen in knappster, nicht immer an den Gang des Buches sich anschließender Form skizziert. Eine „terminologische Vorbemerkung“ — wie es *Erdmann* nennt — wird vorausgeschickt; unseres Erachtens eine tief einschneidende erkenntnistheoretische Bestimmung. Unter Erkenntnis versteht *E.* die Setzung von Vorstellungsgegenständen als wirklich; alle Sinneswahrnehmung ist mit Erkenntnis identisch, sobald und sofern sie als Art oder Exemplar einer noch so unbestimmten Gattung gefaßt wird. Da letzteres — wie später gezeigt wird — ausnahmslos der Fall ist, gibt es nach *Erdmann* für das entwickelte Bewußtsein kein erkenntnisloses Wahrnehmen.

Ausgehend von der Tatsache, daß die Mehrzahl aller Wahrnehmungen durch Gedächtnishilfen meist repräsentaler Art (d. h. durch Repräsentate im oben definierten Sinn) ergänzt wird, stellt sich *E.* zwei miteinander zusammenhängende Fragen: Gibt es im entwickelten Bewußtsein ein „repräsental unergänzt“ Wahrnehmen? Gibt es eine nichtassoziative Reproduktion? Die Antwort — die hier vorweggenommen sei — lautet: Ja, das repräsental unergänzte Wahrnehmen existiert tatsächlich als — wenn auch selten realisierter — Grenzfall. Diese Wahrnehmung ist jedoch nicht überhaupt unergänzt, sondern in ihr tritt eine nichtassoziative Form der Reproduktion als Ergänzungshilfe ein. Zum Beweis seiner Behauptung dienen *Erdmann* neben einfachen gelegentlichen Daten der Selbstbeobachtung vorzüglich die Resultate der bekannten tachistoskopischen Leseversuche, die er mit *Dodge* ursprünglich zu ganz anderen Zwecken, zur analytischen Untersuchung des Lesevorgangs, angestellt hatte.

Der erwähnte Grenzfall der repräsental unergänzten Wahrnehmung unterliegt nämlich zwei Bedingun-

gen: Die Gegenstände der Wahrnehmung müssen völlig vertraut sein und ihre Exposition bei konzentrierter Aufmerksamkeit so kurz, daß sich weitere assoziative Prozesse an die ursprüngliche Wahrnehmung während deren Dauer nicht anschließen können. Beide Bedingungen sind im tachistoskopischen Leseversuch erfüllt. Als Resultat der Selbstbeobachtung ergab sich für *Erdmann* und *Dodge* immer wieder, daß in der Periode der Erwartungsspannung und während der Exposition der Worte jegliche repräsentalen Momente im Bewußtsein fehlten. Trotzdem wurden die Worte bei ganz verschiedenem Deutlichkeitsgrad erkannt, und zwar alle Buchstaben mit derselben Deutlichkeit. Letzterer überraschende Befund steht in striktem Widerspruch zur Helmholtzschen Annahme, daß ein zentrofoveales Sehen die normale Wahrnehmungsform des optischen Sehens darstelle. Im Gegenteil war bei den Versuchen immer zu konstatieren, daß das exponierte Wort dem Beobachter überhaupt nicht in seinen einzelnen Buchstaben, sondern in der anschaulichen Einheit eines Wortbildes gegeben war und dieses erkannt wurde. Auch die repräsental unergänzte Wahrnehmung stellt sonach schon einen geordneten Inbegriff von Empfindungen dar, sei es den simultanen einer Gesamtheit oder den sukzessiven einer Reihe. In diesem, allen Sensationen des entwickelten Bewußtseins eigenen „Inbegriffscharakter“ ist in allgemeinster Form enthalten, was *v. Ehrenfels* mit dem wenig glücklichen Terminus „Gestaltqualität“ bezeichnet hatte.

Die aufgewiesene neue Form der Reproduktion, im ursprünglichen Begriff der Assoziationspsychologie nicht enthalten, führt so zu einer zweiten Korrektur des Reproduktionsbegriffs. Von der assoziativen Reproduktion ist sie dadurch unterschieden, daß jene auf frühere *Inhalte*, diese aber auf *unbewußte Bedingungen* des Bewußtseins geht. Was jedoch reproduziert wird, die von *E.* so genannte *Residualkomponente* der Wahrnehmung, fließt mit dem empfindungsmäßig Gegebenen, der *Reizkomponente*, zu einem Produkt unlösbarer Verschmelzung, eben der erkannten Wahrnehmung, zusammen. Wir sind außerstande, den Anteil der reinen Empfindung aus den uns in der Wahrnehmung gegebenen Inhalten mit irgendwelchen Mitteln herauszulösen — eine für die empfindungspsychologische Forschung einschneidende Konsequenz aus der obigen Analyse, die *Erdmann* nachdrücklichst hervorhebt. Die Residualkomponente, ein unbestimmter Inbegriff aller früher durch diesen oder einen ihm genügend ähnlichen Reiz erregter Residuen, ist nach ihrer Struktur logisch einer abstrakten Allgemeinvorstellung äquivalent, eben dem Gattungsbegriff, unter den die Reizkomponente im Erkennen *subsumiert* wird. Die Residualkomponente ermöglicht somit erst ein Erkennen des Wahrgenommenen, freilich nicht in formulierten Urteilen, sondern in anschaulichem Denken, anschaulicher Subsumtion.

In Umbildung des bekannten Herbartischen Begriffs bezeichnet *E.* den ganzen eben analysierten Prozeß als *Apperzeption* oder *apperzeptive Verschmelzung* (letzteres im Gegensatz zur früher erwähnten assoziativen Verschmelzung von Wahrnehmungsinhalten), diese zweite Reproduktionsform als *apperzeptive Reproduktion*. Er weist weiterhin im einzelnen nach, daß die apperzeptive Reproduktion durch Verschmelzung eine notwendige Bedingung nicht nur des repräsental unergänzten, sondern des wahrnehmenden Erkennens überhaupt darstellt — eine Konsequenz, die sich aus dem logischen Charakter der Residualkomponente als

Äquivalent der Allgemeinvorstellung leicht ergibt und deren psychologische Ableitung hier übergangen werden möge. Nur der Nachweis sei noch ausdrücklich hervorgehoben, daß auch neue *Präsente* (im früher entwickelten Sinn) der apperzeptiven Ergänzung bei ihrer Wahrnehmung unterworfen sind, da eine partielle Apperzeption schon bei den Empfindungsgliedern der wahrgenommenen Inbegriffe statthat. Eine Farbe, eine Form, die wir etwa an uns bisher unbekannten Gegenständen feststellen, erkennen wir durch partielle apperzeptive Reproduktion. Selbst für das unentwickelte Bewußtsein gilt, daß alles Wahrgenommene zugleich erkannt wird; entwickelt sich doch unser Wahrnehmungsbestand — ein besonders fruchtbarer Gedanke — von den unbestimmt allgemeinsten zu immer konkreteren Inbegriffen. Erstere stellen somit immer schon Residualkomponenten für die Wahrnehmung letzterer dar. Folgerichtig gelangt *Erdmann* zu dem Schluß, *alles sinnlich wahrnehmende Erkennen als ein Wiedererkennen zu bezeichnen*, alle individuell erworbene assoziative Reproduktion auf eine dieser vorausgängige apperzeptive als deren Grundlage zu beziehen. Freilich ist dies Wiedererkennen nicht in dem engen Gebrauch zu nehmen, in dem uns ein erkannter Gegenstand als schon bekannt entgegentritt. Die für das „Wiedererkennen“ im engeren Sinn charakteristische „Bekanntheitsqualität“ kommt darin als ein für die Reproduktionsprozesse an sich belangloses Moment hinzu, dessen *emotionalen* Charakter *Erdmann* in späteren Erörterungen aufzeigt.

Gibt es aber — so fragt sich *E.* weiter — überhaupt im Seelenleben unerkannte, d. h. also unapperzipierte Bewußtseinsinhalte? Nach den vorausgegangenen Erörterungen ist dies offenbar unmöglich, und *E.* verwirft die von *Helmholtz* getroffene Annahme „unbewußter Empfindungen“ in eingehender Kritik der hierhergehörigen *Helmholtz*schen Deduktionen, die sich mit Vorliebe auf das Beispiel der Partialtöne von Einzelklängen stützten. Überzeugend weist *E.* nach, daß der Bewußtseinsbestand des unanalysierten Einzelklangs und derjenige des analysierten (d. h. in seine hörbaren Teiltöne zerlegten) *nicht identisch* sind, daß die Teiltöne als Bewußtseinsbestandteil in dem qualitativ einfachen Einzelklang überhaupt nicht, weder bewußt noch unbewußt, vorhanden sein können. Auch in diesen wichtigen Feststellungen erfährt der landläufige Empfindungsbegriff eine bedeutsame Umformung, eine Einschränkung auf die im Bewußtsein wirklich vorfindlichen Inhalte elementarer Art, die unselbständige Glieder von Wahrnehmungsinbegriffen darstellen.

Noch ist die Unterscheidung zwischen der Reizkomponente und der Residualkomponente der Verschmelzung in der Wahrnehmung eine theoretisch vereinfachende, die sich eben aus der Annahme des Grenzfalles repräsentaler unergänzter Wahrnehmung ergibt. Es ist jedoch zu bedenken, daß auch diese unbewußten Bedingungen des Bewußtseins ihrerseits nicht isoliert, sondern in den mannigfachsten Zusammenhängen der assoziativen Verflechtung und Ähnlichkeit im „Unbewußtsein“ beharren. Sie werden also, wenn durch die Reizkomponente erregt, selbst wieder zur (unbewußten!) Reproduktionsgrundlage für eine an ihre apperzeptive Verschmelzung anschließende selbständige assoziative Reproduktion der mit ihnen verbundenen Residuen. So geht die apperzeptive Ergänzung inhaltlich und zeitlich kontinuierlich in eine auf ihr als notwendiger und hinreichender Bedingung ruhende assoziative Ergänzung von Residuen über, die weiterhin jederzeit als repräsentale Ergänzungen ins „Ober-

bewußtsein“ treten können. In ungewöhnlich eindringender und scharfsinniger Analyse der Hauptformen des repräsentaler ergänzten Erkennens sucht *Erdmann* diese ineinander verfließenden Modifikationen des Reproduktionsprozesses in der Wahrnehmung in logischer Abgrenzung zu erfassen. Auf Einzelheiten der an eigenen Beobachtungsdaten überreichen Untersuchung einzugehen, ist unmöglich.

Der entwickelten zweiten Erweiterung des Reproduktionsbegriffs, die im Nachweis unbewußter Bedingungen der — apperzeptiven wie assoziativen — Reproduktion gipfelt, reiht sich eine dritte beträchtliche Korrektur der überlieferten Anschauung zur Seite: Auch das reproduzierte Glied besteht — wie das reproduzierende — nicht immer in Bewußtseinsinhalten, sondern wiederum sogar häufig in unbewußten Bedingungen neuer Reproduktionen. Sofern Residuen aller Art, im Gedächtnis unbewußt, zu Bewußtseinsinhalten werden können, nennt sie *E. Repräsentabilien*. Derartige Residuen müssen, wenn sie den geläufigen Ablauf vertrauter Prozesse ermöglichen, irgendwie in einem anderen Zustand sich befinden als die durch einen gegenwärtigen Ablauf völlig unberührten Residuenkomplexe; sie sind *erregt*. Aus den verbesserten Leistungen der Erwartungsspannung, der „Einstellung“, ist eine Bereitschaft bestimmter Residuengruppen unter dem Einfluß der Aufmerksamkeit, eine *apperzeptive Bereitschaft* unmittelbar zu entnehmen. Noch eindringlicher spricht der mechanische Ablauf höchster geistiger Leistungen wie des Lesens, der freien Rede, das scheinbar freisteigende Auftauchen längst gesuchter Inhalte, die Beherrschung sachlicher Wahrnehmungen in jedem Lebensmoment ohne Auftreten von Repräsentanten für Vorhandensein und richtunggebende Funktionen, solcher erregter Residuen. Auch von hier aus ergibt sich die ganze paradoxe Künstlichkeit der ursprünglichen Annahme unergänzter Wahrnehmungsinhalte. Es gibt im entwickelten Seelenleben kein unergänzt, ja kein auch nur repräsentaler ergänztes Erkennen. Die ganze Fülle der Residuen eines Lebens bildet die Masse unbewußter Bedingungen des Erkennens. Teilmengen dieser Masse, Komplexe der verschiedensten Art, sind, in jedem Augenblick durch gegenwärtige Reizung unbewußt erregt, als *dispositionelle Bereitschaft* des gegenwärtigen Erkennens zur Stelle, die in bestimmten Fällen — etwa der Erwartungsspannung, dem wahrnehmenden Erkennen — sich zur apperzeptiven Bereitschaft steigert.

In Zusammenfassung des gesamten Tatbestandes der apperzeptiven und assoziativen Reproduktion gelangt *Erdmann* zu dem Schluß: Das entwickelte Bewußtsein ist in allen seinen Arten *apperzeptiv* vermittelt, in erster Linie durch eine Verschmelzungskomponente, in zweiter durch eine von der Residualkomponente der Verschmelzung her assoziativ ausgelöste Ergänzung repräsentaler oder nur dispositioneller Art. Solange das Erkennen noch — in der bekannten Unterscheidung der *Erdmann*schen Logik — ein intuitives ist, d. h. von allen sprachlichen Ergänzungen frei, sind auch die apperzeptiven Ergänzungen sachlicher Art. Das Erkennen bleibt — auch bei entwickeltem Sprachbewußtsein — intuitiv, solange die sprachliche Ergänzung lediglich durch Repräsentabilien vollzogen wird. Sind jedoch sprachliche Repräsentate zur Stelle oder bedingen sie dispositionelle Sprech- und Schreib-erregungen, so ist das Erkennen ein formulierendes. Es wird zum formulierten in mannigfachen Variationen, wenn statt sachlicher Wahrnehmung die Wahrnehmung von Wort- oder Schriftzeichen eintritt.

Mehr anhangsweise unterzieht *Erdmann* noch zwei ihn speziell interessierende Probleme einer reproduktionspsychologischen Analyse, die Psychologie des induktiven Schließens und die damit zusammenhängende Frage nach der Erkenntnis fremden Seelenlebens. Das psychologische Äquivalent der logischen Induktion besteht eben in der apperzeptiven Ergänzung; auch das Erkennen fremden Seelenlebens, das logisch auf einem Analogieschluß ruht, vollzieht sich psychologisch durch apperzeptive Ergänzung eigener, im Lauf der individuellen Entwicklung erarbeiteter Erfahrungen, die sich an die Wahrnehmung der fremden Ausdrucksbewegungen anschließen und zu deren Verständnis führen. Daneben freilich hält *Erdmann* in beschränktem Maß ein unmittelbares Verstehen einfachster Ausdrucksbewegungen auf Grund präformierter Assoziationen für möglich.

Mehrfach war in der Entwicklung des reproduktionspsychologischen Gedankengangs die Bedeutung der Aufmerksamkeit für den Ablauf der reproduktiven Prozesse gestreift worden. Das Wesen der Aufmerksamkeit näher zu bestimmen, stellt sich *Erdmann* als letzte Aufgabe. In kritischer Widerlegung der Auffassungen, die in der Aufmerksamkeit einen besonderen Akt der Zuspannung, eine spontane Tätigkeit der Seele sehen, gelangt er zum Ergebnis, daß die Aufmerksamkeit umgekehrt in nichts anderem besteht als in der durch die einwirkenden Reize und die Struktur der Residuen bedingten Reliefierung der momentanen Bewußtseinsinhalte. Die Inhalte, die die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, denen dieselbe „zugespannt“ ist, bilden den Umfang des Oberbewußtseins, welches als das *dynamische Zentrum* der Reproduktion anzusehen ist. Der übrige, momentan nicht erregte Bestand an Residuen hat als „Unterbewußtsein“ am Reproduktionsverlauf keinen oder nur geringen Anteil. Beide Bestandteile gehen freilich wiederum fließend ineinander über, wie ja auch im allgemeinen mehrere dynamische oder Aufmerksamkeitszentren nebeneinander in verschiedenen Abstufungen der Intensität im Oberbewußtsein bestehen. Der gegenständliche Wechsel des Oberbewußtseins aber, wie er vor allem in den Tatsachen der Aufmerksamkeitswanderung zu beobachten ist, stellt sich durchweg als ein durch den sachlichen Zusammenhang geleiteter oder einen solchen neu erzeugender *Reproduktionsvorgang* dar. Auch darin bedarf die übliche Auffassung der Aufmerksamkeit einer Erweiterung, daß diese „Inhalte“ der Aufmerksamkeit durchaus nicht lediglich Bewußtseinsinhalte sind. Die Aufmerksamkeit kann sich auch, wie bei der Erwartungsspannung, auf Dispositionen zu Bewußtseinsinhalten richten; ja sie charakterisiert sich überhaupt neben ihrer gegenständlichen Zuspannung als ein reaktives Zustandsbewußtsein, als ein Gefühl, hat also neben der intellektuellen eine emotionale Seite.

Ist so die Auffassung der Aufmerksamkeit als einer „Tätigkeit“ abzulehnen, so steht *Erdmann* doch nicht an, in derselben eine unanalysierte — und vielleicht unanalysierbare — *Grundfunktion des Seelischen* zu erblicken. Sie erfordert nicht nur — wie der Charakter der Aufmerksamkeit als einer Spannung, einer Arbeit dartut — Energie, sondern sie ist für *Erdmann* die *psychische Energie* schlechthin; die Energie eben, welche, durch die einwirkenden Reize ausgelöst, das ganze Getriebe der daran anschließenden reproduktiven Vorgänge leitend beherrscht.

Im dargelegten Sinne ordnet *Erdmann* alle intellektuellen Leistungen von der einfachsten Sinneswahrnehmung bis zu den höchsten gedanklichen Kombina-

tionen, ja weitergreifend eigentlich das ganze Seelenleben dem Grundgedanken seiner Reproduktionspsychologie unter, wonach alle intellektuellen und an diese sich anschließenden emotionalen Prozesse sich letzten Endes auf die apperzeptive Verschmelzung und Ergänzung früherer Residuen in irgendwelcher Form zurückführen lassen. Diese Residuen aber, im Wahrnehmungsprozeß gewonnen, setzen sich, soweit sie bewußt werden, aus den Bestandteilen der Wahrnehmungsinbegriffe, den Empfindungen und den zwischen diesen auftretenden Beziehungen, zusammen. Andere ursprüngliche Bewußtseinsinhalte, vor allem neue gedankliche Bewußtheiten, wie sie die Külpesche Schule annimmt, gibt es nicht. *Erdmanns* ganze Gedankenführung ist vielmehr umgekehrt darauf eingestellt, mit Hilfe des erweiterten Reproduktionsbegriffs alle Denkprozesse als reproduktive Vorgänge zu erweisen. Die andere Frage freilich, wie uns die als ursprüngliche Wahrnehmungsbestandteile angenommenen Beziehungen gegeben sind, berührt *Erdmann* in seinem Buche kaum. Nach dieser Richtung hin bedürften unseres Erachtens *Erdmanns* Darlegungen einer Ergänzung.

Der Begriff der Reproduktion, in ungemein fruchtbarer Weise und in entscheidenden Punkten weit über seine ursprüngliche Bedeutung in der Assoziationspsychologie hinausentwickelt, rückt so in den Mittelpunkt eines psychologischen Systems, das entschieden zwischen den beiden sich heute streitenden Parteien der Assoziations- und der Aktpsychologie eine Mittelstellung einnimmt. Lehnt *Erdmann* auch die Annahme weiterer Bewußtseinsinhalte und die Setzung psychischer Akte prinzipiell ab, so rückt er in der Anerkennung der Beziehungen als ursprünglicher Bewußtseinsinhalte neben den Empfindungen doch seinerseits vom extremen Standpunkt der Assoziationspsychologie ab. Seine Reproduktionspsychologie ist jedoch weit mehr als ein Kompromiß. Wenn der Vergleich mit *Kants* Leistung der Überwindung von extremem Empirismus und Rationalismus durch die Synthese des Kritizismus gewagt werden darf — und er drängt sich in mehr als einer Hinsicht auch inhaltlich auf —, so ist auch *Erdmanns* Leistung der Versuch einer solchen höheren Synthese. Und wie *Kant* letzten Endes, gerade als Psychologe, seine rationalistische Grundeinstellung nicht verleugnen kann, so bleibt *Erdmann* umgekehrt in seiner Psychologie durchaus Empirist. Empiristisch ist die Forschungsmethode, die der Selbstbeobachtung, ja in verengter Form geradezu der Eigenbeobachtung eine fundamentale Stellung im psychologischen Entscheid zuerkennt; so spricht *Erdmann*, nicht dem Experiment, sondern dem rein experimentellen Betrieb der Psychologie, dem Entscheid durch die Zufallsäußerungen einer ungeschulten oder nicht vollgeschulten Versuchspersonenmehrheit durchaus abhold, mit einem gewissen Stolz von seiner „Schreibtischpsychologie“, nur der eigenen Erfahrung oder einer ihr nach sorgfältiger Prüfung gleichwertigen vertrauend. So sprudelt seine Darstellungsweise von einer reichen Fülle genauester und feinsinniger Selbstbeobachtungsdaten, die immer zur Nachprüfung anregend, wenn auch vielleicht nicht immer überzeugend, das durch Schulzuchtung geschaffene Experiment vielfach ersetzen. Noch tiefer führt dies empirische Vertrauen auf die Eigenerfahrung zu jenem für *Erdmann* leitenden Fundamentalprinzip der Bewußtseinsanalyse, daß nichts als Bestandteil des Bewußtseins anzunehmen sei, was nicht bei geschulter Aufmerksamkeit sich in ihm

auffinden lasse. Die Möglichkeit, Bewußtseinsbestandteile aus deren Zusammenwirken mit anderen zu erschließen, lehnt *Erdmann* ausdrücklich ab. Dies Fundamentalprinzip seiner Methode bringt ihn hauptsächlich zur Denkpsychologie der Külpeschen Richtung in Gegensatz.

Unter den inhaltlichen Voraussetzungen der Erdmannschen Psychologie ist die besondere Ausgestaltung der Parallelismushypothese, die *Erdmann* in diesem Werk übrigens nur flüchtig andeutet, für den Gedankengang des Ganzen wie die Einzelergebnisse nicht von einschneidendem Belang. Die Unterbauung der psychischen Geschehensverläufe durch nervöse Vorgänge noch hypothetischer Natur, die er an entscheidenden Stellen, so bei der primären Verflechtungsassoziation, beim Nachweis der apperzeptiven Reproduktion im Sinn der parallelistischen Anschauung durchführt, will nirgends Abschließendes bieten. Viel tiefer greift die biologische Auffassung der seelischen Vorgänge als Reaktionsvorgänge und die damit zusammenhängende Betonung evolutionistischer Gedanken in den Aufbau des Systems ein. Gerade sie führt zunächst zur Überwindung der alten Assoziationspsychologie in einem wesentlichen Punkt: ihres Atomismus. Die Annahme präformierter physiologischer Assoziationsbahnen dient ja letzten Endes nur zur Erklärung der Tatsache, daß die Reaktion auf die einwirkenden Reize von Anfang der individuellen Entwicklung an eine komplexe ist, daß — psychisch gesprochen — unser Erkennen von der Wahrnehmung als unteilbarem Ganzen, nicht von den Empfindungen in isoliertem Bestand ausgeht. Aus demselben evolutionistischen Gedankengang heraus sucht aber *E.* umgekehrt im Gegensatz zur Aktpsychologie das gesamte höhere Seelenleben als bloße Weiterentwicklung des schon in der Wahrnehmung Gegebenen zu erklären. In der Tat erscheint es uns als ein von jeder Einstellung unabhängiges Hauptverdienst der Erdmannschen Untersuchungen, den Anteil reproduktiver Prozesse, vor allem auch der unbewußt seelischen Erregungen, an den höherseelischen Leistungen in einer bisher ungeahnten Ausdehnung und Eindringlichkeit nachgewiesen zu haben. Dennoch ist die Frage berechtigt, ob jenen (nach *Erdmanns* Auffassung vielfach unbewußten) komplexen Prozessen nicht doch da und dort, so etwa beim Verstehen der Wortbedeutung, ein besonderer, vom Wahrnehmungs- und Beziehungsinhalt zu unterscheidender Bewußtseinsinhalt parallel läuft, dessen Eigenart aus dem Zusammenhang beobachtbarer Inhalte erschlossen werden kann. Die Beweislast liegt freilich vorerst beim Angreifenden, sie liegt auf der Seite jener psychologischen Richtung, die darauf eingestellt ist, auf schließendem Weg der Analyse neue Bewußtseinsinhalte zu ergründen. *K. Huber, München.*

Geographische Mitteilungen.

Der XX. Deutsche Geographentag in Leipzig vom 16.—19. Mai 1921, der erste seit Kriegsbeginn, fand eine außergewöhnlich günstige Aufnahme. Der nach der langen Kriegszeit in Fachkreisen allgemein bestehende Wunsch nach erneuter persönlicher Fühlungnahme sowie die Lage Leipzigs inmitten stark bevölkerter Gebiete sind wohl die Ursache, daß die Leipziger Tagung mit etwa 750 Teilnehmern von allen bisherigen Geographentagen den weitaus größten Besuch aufzuweisen hatte. Die Zahl der angemeldeten Vorträge war so groß, daß nur etwa $\frac{1}{2}$ von ihnen auf die Tagesordnung gesetzt werden konnte. Diese lassen

sich in vier Gruppen ordnen: 1. Forschungsreisen während des Weltkrieges, 2. Geographische Untersuchungen in den Kriegsgebieten, 3. Neuere geographische Forschungen, 4. Der geographische Unterricht und der Weltkrieg. *Fritz Jäger* und *Herm. Detzner* berichteten über die geographischen Ergebnisse von 1914 bis 1919 ausgeführten Reisen in Südwestafrika bzw. in Neuguinea. — Die während des Krieges in den besetzten Gebieten ausgeführten geographischen Arbeiten zeigen in überraschender Weise, daß trotz des gewaltigen Ringens der Zentralmächte gegen die Übermacht der Feinde noch Zeit und Ruhe zu eingehender wissenschaftlicher Arbeit, z. T. im Operationsgebiet selbst, vorhanden war. Es berichteten über diese Arbeiten: *E. Wunderlich* (Ostfront), *W. Behrmann* (Rumänien), *E. Oberhummer* (Albanien und Montenegro), *F. Klute* (Mazedonien), *A. Merz* (Bosporus und Dardanellen), *Bruno Schulz* (Flandern). Die im Gebiet der engen, das Schwarze mit dem Marmarameere verbindenden Straßen, in denen *Makaroff* zuerst gearbeitet hat, ausgeführten meereskundlichen Beobachtungen versprechen uns eine wichtige Erweiterung unserer Kenntnisse über die Vorgänge beim Fließen von zwei Wasserarten sehr verschiedener Dichte, die sich übereinander in entgegengesetzter Richtung bewegten. — Die Ergebnisse der in Flandern ausgeführten, stark durch die Kriegshandlungen behinderten meereskundlichen Arbeiten geben zunächst Aufschluß über die Gezeitenverhältnisse an der flandrischen Küste sowie darüber, wie die von der übrigen Festlandküste der Nordsee und aus der Ostsee bekannte jährliche und halbjährliche Schwankung des Wasserstandes in unmittelbarer Nähe des Südausganges der Nordsee beschaffen ist, weiterhin über die Abhängigkeit des Wasserstandes von Wind und Luftdruck, endlich wurden auch die Strömungen in Nähe der Küste sowie auf der Schelde zwischen der holländischen Grenze und Antwerpen untersucht. In der dritten Vortragsgruppe berichteten *Walther Penck*, *L. Waibel* und *E. Kaiser* über morphologische Fragen. *A. Wegener* legte kurz die Hauptgedanken seiner Theorie der Kontinentalverschiebungen dar. Die Diskussion, an der sich u. a. *Koßmat*, *v. Drygalski*, *Kohlschütter*, *Klute*, *Brückner*, *Sapper* beteiligten, zeigte deutlich, daß durchschlagende Gründe gegen die so überaus bedeutungsvolle Hypothese bislang nicht vorhanden sind, sie vielmehr durch die Neubearbeitung des Wegenerschen Buches wesentlich an Boden gewonnen hat (vgl. diese Zeitschrift 1921 S. 241—250). *S. Passarge* legte dar, welche Stellung der von ihm mit Nachdruck vertretenen vergleichenden Landschaftskunde im System der Erdkunde zukommt. *W. Brennecke* gab die Hauptergebnisse der ozeanographischen Untersuchungen, die er an Bord der „Deutschland“ auf der deutschen antarktischen Expedition ausgeführt hat, bekannt. Aus den von 80° N-Br. bis 78° S-Br. durchgeführten Vertikalschnitten der Temperatur, Dichte, des Salzgehalts und Sauerstoffgehalts ergeben sich wesentliche Änderungen in der Auffassung von der Zirkulation des Meeres. Die fast drei Vierteljahre währende Eistrift zeigt eine überraschende Ähnlichkeit zwischen Trift und gleichzeitigem Windweg, woraus hervorgeht, daß der Wind der weitaus wichtigste Faktor bei der Bewegung des Eisfeldes ist. Die Ablenkung nach links infolge der Erdrotation betrug im Mittel 36°. —

In den schulgeographischen Vorträgen wurden immer wieder Klagen über stiefmütterliche Behandlung der Erdkunde in der Schule laut und dringend Abhilfe gefordert. Ebenso wurde bei der Ausbildung der Lehrer

stärkere Berücksichtigung der Beobachtungstätigkeit im Freien und für den im Amt befindlichen Lehrer staatliche Beihilfe zur Ausführung von Studienreisen mit Recht als notwendig hingestellt.

Der gedankenreiche Schlußvortrag von *N. Krebs* über: „Die territorialen Veränderungen infolge des Weltkrieges“ enthielt Betrachtungen über das Verhältnis der politischen zu den ethnographischen Grenzen und über durch die neue Grenzföhrung in Europa im Keime befindlichen Verwickelungen.

Einen besonderen Charakter erhielt der Geographentag noch durch zwei Ausstellungen, wie sie in dieser Reichhaltigkeit bisher wohl noch nirgends zu sehen waren. Zuerst sei genannt die Kartenausstellung in der Deutschen Bücherei: Diese für die deutsche Kultur so überaus wichtige Anstalt hat die Aufgabe, das gesamte deutsche Schrifttum vom 1. Januar 1913 ab zu sammeln. Hierzu gehören auch die Karten und Atlanten. Die Stärke der Kartensammlung der Deutschen Bücherei, die von *Hans Praesent* geleitet wird, liegt im neuen und neuesten Kartenmaterial deutschen Ursprungs, sie ist für alle Arbeiten von Bedeutung, für die modernes Kartenmaterial eingesehen werden muß. Die Kartenausstellung gliederte sich in drei Abteilungen. Die erste, die *historisch-kartographische Abteilung*, zeigte an einer lehrreichen Auswahl von Beispielen die Entwicklung des Stadtplanes von Leipzig und der sächsischen Kartographie im Laufe der letzten Jahrhunderte und enthielt wertvolles Material des Stadtgeschichtlichen Museums in Leipzig, des Hauptstaatsarchivs in Dresden, der Sächsischen Landesbibliothek in Dresden und anderer Behörden und Institute. Die zweite Abteilung führte die *deutsche amtliche Kartographie* in ihren Leistungen der letzten Zeit und in ihren zukünftigen Aufgaben vor. Hieran beteiligten sich die deutschen, Landesaufnahmen von Preußen, Sachsen, Bayern, Württemberg und Hessen, die Sächsische Geologische Landesuntersuchung, das Militärgeographische Institut in Wien und die Marineleitung, hinzu kamen noch eine von *Paul Sprigade* zusammengestellte Ausstellung deutscher Kolonialkarten sowie einige Firmen mit kartographischen Apparaten und Instrumenten. Die dritte Abteilung war der *Schulkartographie* gewidmet und stellte das reiche Wandkartenmaterial der Deutschen Bücherei zum heimatkundlichen Unterricht aus. An Stelle eines nur aufzählenden Kataloges ist zur Erläuterung der reichen Ausstellung eine besondere Schrift¹⁾ erschienen: Beiträge zur deutschen Kartographie, herausgegeben von *Hans Praesent*, Leipzig 1921, die in elf Aufsätzen eine kritische wissenschaftliche Einführung in die Ausstellung bietet. Die Herausgabe dieser Schrift darf als besonders verdienstvoll bezeichnet werden. — Die zweite Ausstellung anläßlich des XX. Geographentages war die Geographische Ausstellung des Deutschen Buchgewerbevereins, in der sämtliche größere geographische Verlagsanstalten die von ihnen verlegten Bücher, Karten und Atlanten zusammengestellt hatten. In besonderen Abteilungen waren außerdem noch die Entwicklung 1. des deutschen Schul- und Handatlas, 2. des deutschen geographischen Lehrbuches, 3. des deutschen Reisehandbuches veranschaulicht, sie gaben ein imponierendes Bild von den Fortschritten, die insbesondere im Laufe der letzten fünfzig Jahre gemacht sind. Auch zu dieser Ausstellung war eine wissenschaftliche Schrift erschienen mit den

Arbeiten von *Hans Fischer*: Die Beurteilung der Landkarte, *Dietrich Baedeker*: Zur Geschichte des Reisehandbuchs, *R. Reinhard*: Zur Entwicklung des geographischen Schulbuches. Beide Ausstellungen gaben eine Fülle von Anregungen, die zur Verfügung stehende Zeit reichte bei weitem nicht, sich in das Gebotene so zu vertiefen, wie es eigentlich erforderlich gewesen wäre. Die Herausgabe der Begleitschriften ist deshalb um so dankenswerter.

Im Anschluß an die Leipziger Tagung fanden noch mehrere wissenschaftliche Ausflüge statt. Die dreitägige Elbtalexkursion gewährte unter der sachkundigen Führung von Dr. *Beyer* einen außerordentlich anregenden Einblick in die morphologischen Verhältnisse der Sächsischen Schweiz, die dortigen Verwitterungsformen usw. Ueber die dreitägige Wanderung in das westliche Erzgebirge unter der Führung von *E. Scheu* ist ein Aufsatz im Geographischen Anzeiger 1921, Heft 6 erschienen. Außerdem fanden noch Exkursionen in das Hinterland Leipzigs und nach Thüringen unter der Führung von *v. Zahn* statt.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß der XX. Geographentag einen ungewöhnlich anregenden Verlauf gehabt hat.

Bruno Schulz.

Die geplante Besteigung des Mount Everest. In der Geschichte der geographischen Forschung darf man die Erreichung der Pole unserer Erde insofern als einen Wendepunkt bezeichnen, als damit die letzten Stellen unserer Erdoberfläche, denen in den Augen des gebildeten Laienpublikums noch der Nimbus des Rätselhaften, ja sogar des Unerreichbaren anhaftete, den Schleier des Geheimnisvollen, der sie bis dahin umhüllte, verloren haben. Die Anteilnahme der zivilisierten Menschheit an der weiteren Erforschung der Erdoberfläche ist mit der Vollbringung dieser „Rekord“-Leistungen aus dem Stadium des begeisterten Interesses in dasjenige der nüchternen Frage nach dem praktischen Nutzen getreten, wozu die unerfreuliche wirtschaftliche Lage, unter der fast alle Nationen gegenwärtig leiden, das ihrige beigetragen haben mag.

Eines der wenigen Ziele für geographische Expeditionen nun, dessen Erstrebung auch heute noch eine gewisse Begeisterung zu entfachen vermag, bildet der Gipfel des höchsten Berges der Erde, des 8880 m hohen Mount Everest im Himalaya. Insbesondere bei einem Volke, dessen Sinn in so hervorragendem Maße auf das Sportliche gerichtet ist, wie dem englischen, mußte daher die Anregung des britischen Hochgebirgsforschers Dr. *Kellas*¹⁾ zur Besteigung der höchsten Gipfel, die bisher bekannt sind, auf fruchtbaren Boden fallen. Alle diese Gipfel gehören den großen zentralasiatischen Gebirgssystemen an, denn von den Dutzenden, die 7000 m Höhe übersteigen, liegt nur ein einziger, der 7035 m hohe erloschene Vulkankegel des Aconcagua in Argentinien, außerhalb derselben. Als höchste Gipfel gelten die folgenden:

Mount Everest (Tibetanisch = Chomo Langmo) 8882 m
Dapsang (K₂) 8611 m
Kangtschendschunga 8602 m
Makalu 8470 m
Dhaulagiri 8180 m
Gasherbrum 8068 m.
Dupleix 8000 m.

Am 8. November 1920 hielt General *Bruce* vor der Royal Geographical Society in London einen Vortrag

¹⁾ *Praesent, Hans*, Beiträge zur deutschen Kartographie. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1921, 160 S. Preis M. 20,—.

¹⁾ A consideration of the possibility of ascending the loftier Himalaya. By A. M. Kellas. Geographical Journal, London, 1917, Vol. 49, S. 26—48. Mit Abbild.

über den Mount Everest²⁾, in welchem er die Möglichkeit von dessen Besteigung ausführlich diskutierte und prachtvolle Tele-Aufnahmen dieses berühmten Berges veröffentlichte. Wir erfahren von ihm, daß als größte, bisher erreichte Höhe 7500 m zu gelten hat, bis zu der die Expedition des Herzogs der Abruzzes, über die mir jedoch ausführlichere Berichte nicht vorliegen, vorgezogen ist. Andere Bergsteiger sind bis 7250 gelangt und Dr. Longstaff kam mit den Gebrüdern Brocherel auf dem, von Sven v. Hedin so oft erwähnten, 7880 m hohen Gurla Mandatta am Südufer des heiligen Sees Manasarovar in Südwest-Tibet, bis 7315 m. Erwähnung verdienen auch die Leistungen von Dr. Kellas an dem weiter westlich gelegenen Kangmen (Kamet) wegen der zahlreichen und wichtigen wissenschaftlichen Beobachtungen, die er bis zu 7200 m angestellt hat³⁾.

Bei uns in Deutschland wird der zu Ehren eines verdienten Leiters der Indischen Landesvermessung so genannte Mount Everest auch jetzt noch häufig identifiziert mit dem etwa 50 km weiter westlich gelegenen, nur 7150 m hohen Gaurisankar⁴⁾. Auch der japanische Tibetreisende Kawaguchi erwähnt unter den drei heiligen Stätten Tibets den „Gaurishankara or Chomo Lhari, often called Mt. Everest“⁵⁾. Der Gipfel des Mount Everest liegt ziemlich genau unter dem Schnittpunkt von 28° Nord und 87° Ost auf der Grenze zwischen dem Königreich Nepal und Tibet. Der geplanten Expedition standen daher anfänglich politische Schwierigkeiten im Wege, die jedoch durch erfolgreiche Verhandlungen mit der tibetanischen Regierung bald beseitigt wurden. Die Royal Geographical Society setzte nunmehr gemeinsam mit dem Alpine Club ein Komitee ein, dessen Vorsitz der Präsident der erstgenannten Gesellschaft, Lieut.-Col. Sir Francis Younghusband, ein bekannter Erforscher Asiens, übernahm. Zum Chef der Gesamtexpedition wurde Colonel C. Howard Bury, zum Leiter der Besteigungsabteilung Harold Raeburn ernannt⁶⁾. Bemerkenswert sind Burys Ausführungen über die in Aussicht genommenen Transportmittel. Eigentümlich berührt es uns Deutsche, daß die Mitwirkung von Luftfahrzeugen von vornherein nicht in Aussicht genommen zu werden scheint. Als Gründe für diesen Verzicht führt Bury einmal an die dünne Luft, die ein Wiederaufsteigen von Flugzeugen unmöglich mache, wenn die Luftdichte nur noch halb so groß ist als im Meeresniveau, andererseits aber auch die Knappheit der Mittel, über welche die Air Force von Indien zu verfügen hat, und die geringe Erfahrung in Gebirgsflügen, über welche ihre Flieger verfügen⁷⁾. Daher wird man sich der in Tibet üblichen Transport-

tiere, Ponys und zahmer Jaks, bedienen müssen, welche letztere für Transporte bis zu mindestens 6100 m Höhe brauchbar sein dürften. Als beste Träger kommen die Einwohner des Himalayastaates Bhutan in Betracht, die ihre Herden in sehr großen Höhen zu weiden pflegen.

In einer Sitzung der Royal Geographical Society am 7. März 1921 hat dann eine ausführliche Erörterung des ganzen Planes stattgefunden⁸⁾. Präsident Younghusband äußerte sich über den Nutzen für das Menschengeschlecht, den er hauptsächlich in der stimulierenden Wirkung erblickt, welche die Bezwingung des höchsten Berges auf die Bergsteiger ausüben wird. Der Präsident des Alpine Club, Professor Norman Collie, demonstrierte einige telephotographische Aufnahmen, die Dr. Kellas im Dezember 1920 von dem Berge aufgenommen hatte. Der Expeditionschef Bury hob hervor, daß alle Karten, die wir bisher von dem Gebiet nördlich des Mt. Everest besitzen, unzuverlässig sind, weil es noch vollständig unbekannt ist. Da die Expedition von Norden her in das Bergmassiv vordringen will, so sind demnach wichtige geographische Entdeckungen zu erwarten. Auch die geologischen, botanischen und zoologischen Sammlungen versprechen über diese großen Höhen neue Aufschlüsse zu bringen. Eine erste Erkundungsexpedition soll Mitte Mai von Darjeeling am Südadhang des Himalaya aufbrechen. Als besonders wichtig wird die Konstruktion eines besonderen Kochapparates erwähnt, weil bei dem geringen Luftdruck das Wasser schon bei Temperaturen von 70° bis 75° siedet, und eine höhere Wärme, die zum Garkochen der Speisen erforderlich ist, ohne besondere Vorrichtungen nicht erzielt werden kann. Der Leiter der Besteigungsabteilung, Raeburn, verbreitet sich über die Schwierigkeiten, die das völlig unbekannte Gelände, die Schneeverhältnisse, die dünne Luft und die Kälte bieten. Er schildert sie an Aufnahmen, die er 1920 anlässlich seiner Hochtouren am Kangtshendschunga gemacht hatte. E. M. Jack beschreibt die wissenschaftliche Ausrüstung mit Aneroidbarometern in Sätzen, die den verschiedenen Höhenstufen angepaßt sind, mit Siede-, Extrem- und Schwarzkugel-Thermometer, dessen Skala auf den Rat des Meteorological Office wegen der zu erwartenden starken Sonnenstrahlung bis zu 104° C reicht. Auf Fliegerphotographien, die gerade in diesem sonst so schwierig zu bereisenden Gebiet ganz besonders erwünscht wären, wird aus den schon angegebenen Gründen verzichtet. Dagegen hofft man gute Resultate durch stereoskopische Aufnahmen zu erzielen. Über die sonstige Ausrüstung berichtete C. F. Meade. Er hebt als größte Gefahr die starke Sonnenstrahlung hervor, die eine Bedeckung der Zelte mit dunklem Stoff gebieterisch fordert, da sie auf der Haut starke Brandwirkung verursacht und leicht zum Sonnenstich führen kann, während gleichzeitig die Zehen in den Stiefeln erfrieren. Ermutigend ist, daß weder Morshead noch Dr. Kellas bei ihrer Expedition am Kangmen in 7200 m Höhe körperliche Beschwerden infolge des niedrigen Luftdruckes empfanden. Erschwerend fällt aber ins Gewicht, daß die Träger aus Bhutan nicht Buddhisten, sondern Hindus, und zwar einer besonders strenggläubigen Sekte sind, so daß ihre Speiseregeln eine höchst unwillkommene Belastung der Expedition dar-

²⁾ Mount Everest. By C. G. Bruce. Ebenda 1921. Vol. 57, S. 1—21. Mit Photographien und Kartenskizze.

³⁾ Dr. Kellas expedition to Kamet. Ebenda 1921, Vol. 57, S. 124—130. — Report on the expedition to Kamet, 1920. Ebenda 1921, Vol. 57, S. 213—219. Mit 2 Karten.

⁴⁾ Z. B. in der letzten Auflage von Meyers Großem Konversations-Lexikon.

⁵⁾ Shramana Ekai Kawaguchi, Three Years in Tibet. Published by the Theosophist Office, Adyar, Madras, 1909.

⁶⁾ The Mount Everest Expedition. Geographical Journal, London 1921, Vol. 57, S. 73—75.

⁷⁾ Some observations on the approaches to Mount Everest. By C. Howard Bury. Ebenda 1921, Vol. 57, S. 121—124.

⁸⁾ The Mount Everest Expedition: Organisation and equipment. By Members of the Expedition and of the Committee. Ebenda 1921, Vol. 57, S. 271—282. Mit Photographie und Kartenskizze.

stellen. Dr. A. F. R. Wollaston, der Arzt und Naturforscher der Expedition, erwähnt die in so großen Höhen zu erwartenden physiologischen Änderungen, die gegebenenfalls anzuwendenden Medikamente und hofft auf gute Ergebnisse der mit Hilfe von Eingeborenen anzulegenden Sammlungen. *George Finch* würdigt vom Standpunkt des Hochtouristen aus den Einfluß der pulverigen Beschaffenheit des Hochschnees, der Kälte, die bis unter -50° C. sinken kann und der ultravioletten Sonnenstrahlung. Diese letztere ist auch bei den photographischen Arbeiten zu berücksichtigen, über die Captain Noel noch kurz berichtet.

Anfangs war ein Weg in Aussicht genommen, der von Darjeeling aus nordwärts durch Sikkim über die Grenze von Tibet und dann in westlicher Richtung bis zum Nordabhang des Mt.-Everest-Massivs führte. Auf der neueren Karte⁹⁾ dagegen geht die geplante Route in einem erst nach Osten und später nach Norden weiter ausgreifenden Bogen um den Berg herum und schließlich in südöstlicher Richtung auf diesen zu.

Die diesjährige Expedition, die Mitte Mai von Darjeeling aufgebrochen ist, soll im wesentlichen die Wege ebnen für die Gipfelbesteigung, die man im nächsten Jahre zu vollbringen hofft. Die Kosten werden auf 10 000 Pfund Sterling geschätzt.

Alle wissenschaftlichen und alpinen Kreise der Kulturnationen vereinigen sich in dem Wunsche und der Hoffnung auf einen erfolgreichen Ausgang des kühnen Unternehmens. Daß man aber glaubt, Flugzeuge entbehren zu können, die gerade bei einer solchen Expedition ungemein wertvolle Dienste leisten würden, beweist eine Festigkeit der Zuversicht, um welche man die Veranstalter beneiden möchte.

O. Baschin.

Vier Jahre unter Kannibalen. Von 1914 bis zum Waffenstillstand unter deutscher Flagge im unerforschten Innern von Neuguinea (Hermann Detzner, August Scherl, Berlin 1920. Preis geh. M. 30,—; geb. M. 40,—.) Der Krieg versetzt den Menschen häufig in Lebenslagen, die der Gegenwart fremd sind, die sie nur aus der Überlieferung kennt und überwunden zu haben vermeint. Unter diesem Zwange befindet der Kriegsteilnehmer sich nicht nur beständig in Lagen des auf ursprüngliche Verhältnisse zurückgeschraubten alltäglichen Lebens, sondern bisweilen auch in solchen, die — eine Art geschichtlicher Palingenie — ihm und der Mitwelt Phasen großer kulturgeschichtlicher Entwicklungsvorgänge aus der Vergangenheit in die Gegenwart rücken, sie ihn noch einmal erleben lassen. In diesem Falle befand sich der Verfasser des vorliegenden Buches, der uns das der jüngeren Generation fast entfremdete Zeitalter geographischer Pionierforschung, die Zeiten der Barth, Nachtigal, Livingstone u. a. mit der Frische der Unmittelbarkeit wieder vor Augen führt. — Als moderner Reisender, wohlausgerüstet, der Unterstützung durch eine Expeditionsbasis sicher, begann er kurz vor dem Kriege seine der Grenzfestlegung Deutsch-Neuguineas dienenden Forschungen, als Entdecker alten Stiles trat er, nachdem er vier Jahre hindurch von der Welt abgeschnitten, mit kärglichsten, immer mehr schwindenden Mitteln versehen, als einziger Weißer inmitten von Eingeborenen, nach deren Art lebend, unter Mühsalen und Abenteuern kreuz und quer einen weißen Fleck der Erdkarte durchwandert hatte, mit einer Fülle bedeutender Forschungsergeb-

nisse wieder vor die überraschte Welt. — Im Grenzgebiete der Kolonie arbeitend und mit dem Plane einer Längsdurchwanderung ihres Gebirgsrückgrates beschäftigt, erreichte ihn im November 1914 die Kunde vom Kriegeausbruche, und er marschiert mit seiner kleinen Truppe, Forschungsarbeit mit Kriegsdienst vertauschend, zur Küste der Hüonbucht. Die gerade erfolgende Besetzung seines Ausgangspunktes Morobe, die ihn um seine bisherigen geborgen geglaubten Reiseaufzeichnungen bringt, nötigt ihn, mit einem Kanu den Blockadering zu durchbrechen. Dem ersten gelungenen schließen sich im Laufe der nächsten Jahre drei Durchbruchversuche nach dem niederländischen Teile der Insel an, die aber an der leichten Verlegungsmöglichkeit durch den Feind und an Mangel an Mittein scheitern. Unbehelligt vom Gegner, der sein Eindringen auf die wegsameren Strecken beschränkt, erwartet er in der Mitte der deutschen Herrschaft ergebener Papuastämme das Ende der Feindseligkeiten, das ihm Gefangenschaft und Überführung nach Australien einbringt. — Die während des unfreiwilligen Aufenthaltes unermüdlich gesammelten Beobachtungen erweitern unsere Kenntnis von Neuguinea in mannigfacher Weise. Sie geben zunächst ein in großen Zügen vollständiges Bild der Gebirgs- und Höhenverteilung in dem bislang nur sehr lückenhaft erschlossenen Ostteile der Insel. Sie räumen durch Eröffnung der Tatsache eines bewohnten und nahrungspendenden Innern die Vorurteile hinweg, die von einem tiefen Eindringen abgeschreckt hatten, bedeuten also Pionierarbeit im wahren Sinne des Wortes. Hand in Hand damit geht eine Aufhellung der vorher verkannten hydrographischen Verhältnisse, wodurch zu dem von der Sepikexpedition (vgl. Jahrgang VII, S. 838) begonnenen Werke wesentliche neue Bausteine geliefert werden. In klimatologischer Hinsicht wird der große Niederschlagsunterschied zwischen der Nord- und der Südabdachung des zentralen Gebirgszuges bestätigt, ein überaus rauhes Klima in den höchsten, die Baumgrenze überragenden Gebirgsregionen festgestellt, die Fabel ihrer Schneebedeckung beseitigt und eine ehemalige Vereisung nachgewiesen. Im Zusammenhange mit den Niederschlagsverhältnissen ist vielleicht die merkwürdige Tatsache zu verstehen, daß Detzner im Süden eine von der des Nordens stark abweichende Gebirgsskulptur vorfand. Einen breiten Raum nehmen die Beobachtungen über Pflanzen- und Tierwelt ein, die biologisch, pflanzen- und tiergeographisch manches Neue enthalten und die ein treffliches Gesamtbild der Urwaldnatur dieses äquatorialen Raumes geben. Von höchster Bedeutung und völlig neu sind Detznerns Berichte über die bisher nicht einmal geahnte und ihrerseits vom Weißen nichts ahnende Bevölkerung des Innern, wie auch sonst die jahrelange Berührung mit den Eingeborenen eine Fülle ethnographischen Materials gezeitigt hat. Wirtschaftliche und kolonialpolitische, leider zunächst nicht auszuwertende Lehren vervollständigen den reichen Erfahrungsschatz des von der Berliner Gesellschaft für Erdkunde mit der silbernen Nachtigalmedaille ausgezeichneten Reisenden, dem wir die Mühe zu eingehender Einzelbearbeitung seiner Ergebnisse wünschen.

Die tiergeographische Gliederung des nordwestlichen Südamerikas. Die vom American Museum of Natural History veranstalteten zoologischen Sammelreisen in die Kolumbischen Anden haben weniger die Kenntnis der Tierformen jener Gegenden bereichert, als die Entstehung der dortigen Tierwelt im Zusammenhange mit der erdgeschichtlichen Herausbildung

⁹⁾ Ebenda S. 272.

der gegenwärtigen physikalisch-geographischen Verhältnisse in überzeugender Weise enthüllt. Dies zeigt nach *F. M. Chapman*, dem Bearbeiter der kolumbischen Vogelwelt, *Ch. C. Adams* (*The zoogeographie of northwestern-most South America*, *The Geographical Review*, Augustheft 1920, S. 101 f.). Diese Ausführungen sind von um so größerem Interesse, als sie auf jedes andere Gebiet anwendbar sind und der biogeographischen Forschung neue Wege weisen.

Die Vegetationsverteilung dieser Gegend folgt bekanntlich der physikalischen Gliederung, insbesondere der Höhenstufung, derart, daß das tiefer gelegene Land je nach den Niederschlagsverhältnissen feuchten Tropenwald (Selvas) oder Grasland (Llanos) trägt, das Gebirge aber von subtropischem Walde (von 1600 m ab), von subtropisch gemäßigttem Nebelwalde (von 3200 ab) und von gemäßigt klimatischen baumlosen Flächen (Paramos) bedeckt ist. Die Grenzen dieser Formationen sind gleichzeitig Trennungslinien der Tierwelt, deren Wirksamkeit selbst die vom Boden am wenigsten abhängige Vogelwelt in auffallender Weise unterliegt.

Die Erklärung der Verteilung der Tierwelt hat nun nach *Chapman* Hand in Hand mit der Betrachtung der Oberflächenentwicklung zu gehen mit der vom Tertiär bis ins Pleistozän reichenden Erhebung der Anden. Die Erhebung dieses longitudinalen Gebirgswalles wirkte in doppelter Weise auf die bestehende Tierwelt ein: einmal wurde eine kühlere Höhenregion geschaffen, der aus der nicht emporgehobenen Nachbarschaft gleicher Breite eingewanderte oder hineingedrängte Tierformen sich anpaßten. Dann aber schuf das Gebirge eine Verbindung mit höheren Breiten, stellte es mit seinen oberen Regionen einen Ausläufer kühlerer polnäherer Gegend vor, in dem die Tierwelt jener Räume günstige Lebensbedingungen fand.

Das Bild der Fauna ist demnach in den unteren Lagen durch ursprünglichen, alten Bestand (ancestral stock), in den höheren durch jüngere angepaßte Abkömmlinge desselben und durch fremde Einwanderer aus tieferen Lagen höherer Breiten. Hand in Hand damit geht eine Abnahme der Arten und eine Zunahme der Gleichförmigkeit von unten nach oben.

Die Ausbildung der heutigen tiergeographischen Verhältnisse würde nach *Chapmans* Anschauung in folgenden Phasen vor sich gegangen sein:

1. Vor der Auffaltung der Anden: Gleichförmige tropisch amazonische Fauna vom Pazifik bis zum Atlantik.
2. Beginnende Faltung: Scheidung eines kolumbisch-pazifischen und eines amazonisch-atlantischen Faunenreiches, von denen das letztere in mehrere orographisch-klimatisch bedingte Provinzen zerfällt, die Cauca-Magdalena-Fauna im Waldgebiet und die karibische Fauna im waldlosen Küstengebiet zwischen den Hauptketten der Anden, die Orinokofauna in den Llanos und die amazonische in den Selvas oder der Hyläa.
3. Auffaltung der Anden zu subtropischen Höhen: Ausbildung eines west- und eines ostandinen subtropischen Faunengürtels. Die Landsenkung im Panamagebiet unterbricht diesen Gürtel und scheidet einen kolumbischen und einen kostarikanischen Bezirk.
4. Erhebung der Anden zu gemäßigt klimatischen Höhen: Einwanderung von Formen, die in höheren Breiten in geringerer Meereshöhe vorkommen.

5. Erhebung zu alpinen Höhen: Einwanderung solcher, die im äußersten Süden in Seehöhe leben (z. B. der patagonische Kondor). Ihr war besonders die diluviale Vereisung günstig.

B. Brandt.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 3. Mai sprach Herr Prof. Dr. *Karl Fischer*, an *H. Kellers* Untersuchungen anknüpfend, über **die Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa und einige damit zusammenhängende Aufgaben**. Im Mittel aus hinreichend vielen Jahren stehen Niederschlag N , Abfluß A und Verdunstung V eines Flußgebiets in der Beziehung 1) $N = A + V$. Die untersuchten Einzelgebiete Mitteleuropas weisen ein mittleres V von 26 bis gegen 70 cm auf. Diese V sind nahezu unabhängig von N , sofern N nur groß genug ist. Dagegen nimmt A von den Trockengebieten im Flachland bis zum Hochgebirge ungefähr in demselben Maße wie N zu, nämlich N in den Grenzen der Untersuchung von 54 etwa bis 170 cm, A von 11 etwa bis 140 cm. Für die Größe von V sind besonders die Bodengestalt und -beschaffenheit sowie klimatische Verhältnisse maßgebend. Was den Boden betrifft, so haben, wie *Keller* festgestellt hat, unterdurchschnittliche Verdunstung, also überdurchschnittliches Abflußvermögen¹⁾ solche Flachlandgebiete, in denen ausgedehnte, leicht durchlässige Sandflächen es dem Wasser ermöglichen, in Tiefen zu versinken, in denen es nicht nur der unmittelbaren Bodenverdunstung entzogen, sondern auch von den Pflanzenwurzeln nicht mehr erreichbar ist, so daß es später zur Grundwasserspeisung der Flüsse dienen kann. (Netzegebiet V 1896/1905 = 41 cm.) Bei ausgedehnten offenen Wasserflächen und hohem Grundwasserstande vergrößert sich die Verdunstung aber auch im durchlässigen Flachland, so z. B. im Havel- und Spreegebiet 1902/10 auf 45 bis 46,5 cm. Mehr noch steigt sie in manchen Mittelgebirgsgebieten (1896/1905 Oderquellgebiet bis Ratibor 52,5 cm, Glatzer Neisse 49, Lausitzer Neisse 51, Bober indessen nur 43 cm. Böhmisches Elbe 1876/90 = 50 cm. Württembergische Flüsse meist über 50, vereinzelt bis über 60 cm.) *Keller* sieht eine der Ursachen für die überdurchschnittliche Verdunstung vieler Mittelgebirgsgebiete darin, daß in ihnen großenteils eine nur dünne Verwitterungskruste auf undurchlässigem Untergrund liegt. Wo dabei die Gefälle nur mäßig sind, was für große Flächen zutrifft, fließt ein erheblicher Teil des in die Bodenkruste eindringenden Niederschlages nicht ab, sondern verdunstet, namentlich wenn Pflanzen ihn wieder emporbefördern.

Während sich die Gleichung 1) $N = A + V$ auf den Erdboden bezieht, derart, daß N die Einnahme, A und V die Ausgabe des Bodens darstellen, muß man für die klimatische Betrachtungsweise den Luftraum über dem Flußgebiet zu diesem hinzurechnen. Die Einnahme ist dann nicht mehr durch N , sondern durch den aus Wasserdampfzufuhr von außen, letzten Endes vom

¹⁾ Das Abflußvermögen ist nicht durch das Abflußverhältnis, sondern durch die Abweichung vom Durchschnittsverhalten gegeben. Vgl. hierzu und zum folgenden „Die Naturwissenschaften“ 1916, H. 23, S. 309—316.

Meere herstammenden Teil von N , die „Meereszufuhr“ M gegeben, die Abgabe durch den Abfluß A und durch die auf dem Luftwege entweichende Wasserdampfmenge E . Der nur über das Gebiet hinwegstreichende, sich in ihm nicht niederschlagende Wasserdampf soll hierbei nicht mitgerechnet werden, und E ist wie die übrigen Größen als Wasserschicht gemessen gedacht. Die Grundgleichung ist jetzt also 2) $M = A + E$. Während 1) auf das Abflußverhältnis $\alpha = A/N$ und das Verdunstungsverhältnis $\varphi = V/N$ führt, wobei $\alpha + \varphi = 1$ ist, folgen aus 2) die Verhältnisse $\beta = A/M$ und $\varepsilon = E/M$, wobei $\beta + \varepsilon = 1$. Auch β ist ein Abflußverhältnis, aber nicht mehr das hydrologische, sondern das im aerologischen Sinne verstandene; ε kann als Entweichungs- oder Entziehungsverhältnis bezeichnet werden. Der Jahresniederschlag N entsteht aus der Meereszufuhr, indem diese sich μ mal niederschlägt: 3) $N = \mu \cdot M$. Für das hydrologische Abflußverhältnis ergibt sich hieraus $\alpha = A/N = \beta \cdot M/\mu \cdot M = \beta : \mu = (1 - \varepsilon)/\mu$. Der Zusammenhang der Abflußerscheinungen mit dem Klima zeigt sich an dieser Form des Abflußverhältnisses besonders klar. An sie wird zu denken sein, wenn sich die Frage erheben sollte, wie weit die Wasserwirtschaft etwa das Klima des Landes ändert. So wäre es z. B. bei einer Ackerbewässerung großen Umfangs von einschneidender Bedeutung, ob das von den Äckern verdunstende Wasser aus dem Gebiet entweicht oder sich in ihm wieder niederschlägt.

Der Betrag, um den N größer als M ist, gibt die Niederschlagsmenge an, die aus Verdunstung im Gebiet selbst herrührt, die also infolge bloßen wiederholten Umsatzes von M zu M hinzutritt. Die Niederschlagsmenge $N - M$ ist somit für das mit Luftraum betrachtete Gebiet keine Einnahme; sie kann auch nicht verausgabt werden, weder als A , noch als E . Nach 1) und 2) ist $N - M = V - E$. Brückner glaubt, für die Gesamtlandfläche der Erde, soweit sie Abfluß zum Weltmeer hat, E vernachlässigen zu können. Er setzt die aus der Landverdunstung entstehende Niederschlagsmenge also gleich der Landverdunstung (V). Die Gleichung $N = A + V$ besagt dann nicht mehr nur, daß N in A und V zerfällt, sondern zugleich, daß es sich auch aus diesen beiden Bestandteilen zusammensetzt, nämlich aus der Meereszufuhr, der A gleich wird, und aus der Landverdunstung, die für den Abfluß wirkungslos bleibt. Keller hat mit der Anwendung dieser Brücknerschen Umkehrung auf Mitteleuropa wahrhaft glänzende Erfolge erzielt. Der einfache Gedanke, daß nur Einnahme wieder verausgabt werden kann, erklärt eine ganze Reihe von Erscheinungen mühelos. So ist das Abflußvermögen im allgemeinen um so kleiner, ein je größerer Bruchteil des Jahresniederschlags auf den Sommer entfällt, da die sommerliche Regenhöhe nur durch wiederholten Umsatz desselben Wassers zustande kommt. Ausnahmen machen nach Keller aber die Gebiete, bei denen auch für die Sommerregen die Zufuhr von außen das Entscheidende ist, so die Alpenflußgebiete und die „Hochgebiete“ unserer östlichen Bergländer, Gebiete, die, ohne besonders hoch sein zu müssen, über ihre Umgebung emporragen und dadurch ähnlich wie der Alpenkamm als Wetterfänge wirken. (Bober!) Das Gegenteil sind die Kesselländer, wie Böhmen. Ihr Grenzwall läßt die Meereszufuhr schwer in das Land hineingelangen, dann aber den landverdunsteten

Wasserdampf auch schwer entweichen. Somit kann dasselbe Wasser sich immer aufs neue im Lande umsetzen und die Regenhöhe verhältnismäßig hoch über M und damit über das höchstens mögliche A steigen, was das Abflußvermögen herabdrückt. Ebenso brauchbar ist die Brücknersche Umkehrung zur Erklärung der Beziehungen, die zwischen N , A , V im Jahreskreislauf und im Gange von Jahr zu Jahr bestehen. Dies alles darf aber nicht über die Unzulänglichkeit ihrer Grundlagen täuschen. Mitteleuropa hat nicht nur im Nordwesten ein großes Einfallstor für die Meereszufuhr, sondern seine ganze Ostseite steht zugleich zur Wasserdampfausfuhr offen.

Man wird deshalb prüfen müssen, wie weit man bei der Erklärung der Beziehungen zwischen N , A , V mit den Anschauungen kommt, die durch Brückner überholt schienen. Man kann sie vielleicht folgendermaßen zuspitzen: Abfließen kann nur, was nicht verdunstet. Die Verdunstung erfaßt alles, was sie erfassen kann. Nicht erfassen kann sie in niederschlagreichen Gebieten den Teil des Jahresniederschlags, der über die Verdunstungskraft, d. h. über die Verdunstung von einem beständig vorhandenen Wasserspiegel oder einem beständig mit Feuchtigkeit gesättigten Boden hinausgeht. Für den Grimnitzsee, der auf der Hochfläche der Uckermark in 65 m Höhe sehr frei zu den Winden liegt und daher starker Verdunstung unterworfen ist, hat H. Bindemann die Jahresverdunstung 1909/13 nach den Messungen der preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde zu 936 mm ermittelt. Die Verdunstung braucht außerdem Zeit. Bei der Hitze und Dürre 1911 hat die Verdunstung vom Grimnitzsee nie 12 mm am Tag und 22 mm an zwei Tagen überschritten; bei kühlem Wetter ist sie auch im Sommer viel kleiner. Die Verdunstung kann also auch das Wasser nicht erfassen, das über die augenblickliche Verdunstungskraft hinaus vorhanden ist und dadurch die Möglichkeit gewinnt, an der Oberfläche abzufließen oder so tief zu versickern, daß auch die Pflanzen es nicht wieder an die Oberfläche ziehen.

Die für die Gültigkeit der Brücknerschen Umkehrung entscheidende Frage nach der Menge des aus Verdunstung im Gebiet selbst entstehenden Niederschlags, $N - M = V - E$, bleibt offen, bis sich außer N und V auch M oder E angeben läßt. Ein Weg zur Lösung der Frage bietet sich vielleicht in den Untersuchungen von Wilh. Schmidt über Austausch im Luftmeer¹⁾. In ihnen scheint sich auch eine Lösung der wichtigen Frage anzubahnen, wie die Gebietsverdunstung, deren Jahresmittel durch $N - A$ gegeben ist, im Jahreskreislauf und von Jahr zu Jahr mit den andern meteorologischen Elementen schwankt. Der wasserwirtschaftlichen Gewässerkunde würde sich hiermit die Möglichkeit eröffnen, in den Gleichungen für den Flußgebietshaushalt im Jahreskreislauf und für seine Änderungen von Jahr zu Jahr die Verdunstung und die Versickerung in zuverlässiger Weise voneinander zu trennen. Das wäre ein großer Fortschritt. Die bisherigen Verfahren zu der Trennung sind unzulänglich, und zwar, soweit sie an die Verdunstung von offenem Wasser anknüpfen, deshalb, weil eine Verdunstung vom Lande manchmal gerade dann kaum noch möglich ist, wenn sie vom Wasser am stärksten ist, wie im Sommer 1911.

K. F.

¹⁾ Sitzgeber. Akad. Wien 126, IIa, 1, 774, 1917.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 28. (Seite 535—558)

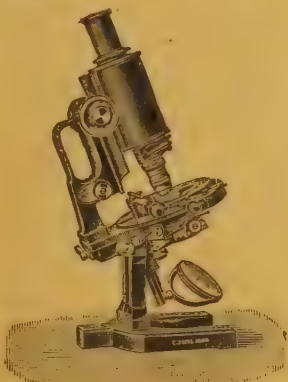
15. Juli 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

- Über umgekehrte Entwicklung. Von *Alfred Fischel, Wien*. S. 535.
- Die Radikale in der älteren und in der modernen organischen Chemie. Von *Hans Lecher, München*. S. 541.
- Besprechungen:
- Classen, Alexander, Handbuch der analytischen Chemie. 7. Aufl. Von *R. J. Meyer, Berlin*. S. 546.
- Ostwald, Wilhelm. Grundriß der allgemeinen Chemie. 6. Aufl. Von *R. J. Meyer, Berlin*. S. 547.
- Michaelis, Leonor, Praktikum der physikalischen Chemie. Von *H. Freundlich, Berlin-Dahlem*. S. 547.
- Moeller, Max, Das Ozon, eine physikalisch-chemische Darstellung. Von *R. J. Meyer, Berlin*. S. 547.
- Brigl, P., Die chemische Erforschung der Naturfarbstoffe. Von *P. Friedländer, Darmstadt*. S. 548.
- Georgievicz, Georg, Kurzgefaßtes Lehrbuch der Farbenchemie. Von *P. Friedländer, Darmstadt*. S. 548.
- Mieleitner, K., Die technisch-wichtigen Mineralstoffe. Von *R. J. Meyer, Berlin*. S. 549.
- Groth, P., und K. Mieleitner, Mineralogische Tabellen. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 549.
- Schmidt, Harry, Probleme der modernen Chemie in allgemeinverständlicher Darstellung. Von *R. J. Meyer, Berlin*. S. 549.
- Zuschriften an die Herausgeber:
- Die Erörterung des Uhrenparadoxons in der Relativitätstheorie. Von *E. Gehrcke, Berlin-Lichterfelde*. S. 550.
- Erwiderung hierzu. Von *H. Thirring, Wien*. S. 551.
- Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Reisen in Persien und Afghanistan. (Mit 1 Karte.) S. 551.
- Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin: Morphologie und Altersfrage der Salzstöcke im unteren Allertal. Neues von den ältesten Landpflanzen. S. 553.
- Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Baltasekunden- und andere Verfahren. S. 554.
- Mitteilungen aus verschied. Gebieten. S. 554—556.
- Die gegenwärtige Guanogewinnung in Peru, ein Beispiel des Wertes naturgemäßer Ausbeutung. Die jüngsten amerikanischen Volkszählungen und ihre Lehren. Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik.
- Berichte gelehrter Gesellschaften:
- Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. S. 556.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften
kostenfrei

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 9/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24. Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120 Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Mineralien, Kristalle und Gesteine

Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen offeriert preiswert und in reicher Auswahl

Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., Oberer Graben 9

Preisliste gratis. (213)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Zweckmäßigkeit in der Entwicklungsgeschichte

Eine finale Erklärung embryonaler und verwandter Gebilde und Vorgänge

Von

Karl Peter

Greifswald

Mit 55 Textfiguren

1920. Preis M. 30.—; gebunden M. 36.—

Hierzu Teuerungszuschlag

Verlag von J. F. Bergmann in München

Grundriß der Entwicklungsgeschichte des Menschen

Von

Dr. med. Ivar Broman

o. ö. Professor der Anatomie an der Universität Lund

Erste und zweite Auflage

Mit 208 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln

1921. Gebunden Preis M. 80.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

15. Juli 1921.

Heft 28.

Über umgekehrte Entwicklung.

Von Alfred Fischel, Wien.

Mit dem Begriffe „Entwicklung“ verbindet man im allgemeinen die Vorstellung des Strebens nach einem einsinnig bestimmten Ziele, das in der Erlangung der das „fertige“, „erwachsene“ Individuum kennzeichnenden Form besteht. Als das wesentliche Moment der Entwicklung hat daher auch der Begründer der neueren Embryologie, K. E. v. Baer, die *Zielstrebigkeit* bezeichnet.

Schwer vereinbar mit dieser Vorstellung erscheint die von manchen Forschern geteilte Annahme, daß ein bereits vollendeter Entwicklungsvorgang noch einmal wieder aufgenommen, dann aber in umgekehrter Richtung durchlaufen werden könne. Besteht das Ziel der normalen Entwicklung in der Erlangung der fertigen, also hochkomplizierten Form, so bestände die „umgekehrte“ oder „rückläufige“ Entwicklung im Wiedergewinn der — relativ — einfachen Ausgangsform des betreffenden Entwicklungsvorganges und damit auch — und dies ist die wichtigste Folgerung aus der erwähnten Annahme — im Wiedergewinn aller jener formativen Kräfte und Fähigkeiten, welche diese Ausgangsform kennzeichnen und sie zur Hervorbringung aller jener komplizierten Bildungen befähigen, welche dem fertigen Organismus zukommen.

Entsprechend dieser Annahme könnte sich also ein Entwicklungsvorgang nach zwei ganz verschiedenen Richtungen, nach zwei einander entgegengesetzten Zielen hin bewegen, woraus sich die bedeutungsvolle Folgerung ergäbe, daß *Lebensvorgänge umkehrbar* sind. Die Entwicklung könnte dann nicht als bloß einsinnig und zwangsmäßig auf Endwachstum, Alter und Tod hinstrebend aufgefaßt werden, da sie ja, nach der erwähnten Annahme, unter Umständen auch zum entgegengesetzten Ziele hingelenkt und auf diese Weise sogar eine *Verjüngung* bewirkt werden könnte.

Da es aber bisher nicht möglich war, irgendwelchen Aufschluß über die Art und über die Wirkungsweise jener Kräfte zu gewinnen, welche bei dieser behaupteten Umkehr der Lebensvorgänge eine Rolle spielen könnten, nahm man an, daß diese rückläufige Entwicklung einen elementaren Vorgang darstelle, der als eine Grundeigenschaft der lebenden Materie einfach hingenommen werden müsse und dem die gleiche Stellung wie dem normalen Entwicklungsgeschehen zukomme.

Diese Anschauungen gewannen auch dadurch

eine besondere Bedeutung, daß sie nicht bloß auf gewisse, nur durch den Versuch erzeugbare, also unter natürlichen Verhältnissen nicht vorkommende Vorgänge, sondern auch auf Beobachtungen angewendet wurden, welche man am Krankentische anstellen konnte. Wenn z. B. gewisse Gewebszellen des Menschen plötzlich eine außerordentliche Vermehrungskraft entfalten und zu „Geschwülsten“ heranwuchern, so soll dies, nach der Annahme mancher Forscher, vor allem darauf zurückzuführen sein, daß diese Zellen Eigenschaften wiedererlangt haben, die sonst nur den embryonalen Zellen zukommen.

In derselben Weise wurde das Regenerationsvermögen, also die Fähigkeit, verlorengegangene Teile des Organismus wieder neu bilden zu können, zu erklären versucht: Die im Organismus verbliebenen Reste dieser Teile sollen ihren embryonalen Charakter wiedergewinnen und kraft der nunmehr erlangten, nur den embryonalen Zellen zukommenden Fähigkeiten in derselben Weise wie bei der normalen Entwicklung das dem verletzten Organe Fehlende neuerlich wieder aufbauen können.

Die Möglichkeit der umgekehrten Entwicklung wurde nicht bloß für die individuelle, sondern sogar auch für die stammesgeschichtliche Entstehung der Organismen behauptet (*Schultz*): Was im Laufe vieler Generationen allmählich entstanden ist, könne unter Umständen allmählich wieder rückgebildet werden, so daß also Entwicklungszustände wieder erscheinen könnten, welche längst vergangenen Epochen der Erdgeschichte angehören. —

Diese Hypothese der umgekehrten Entwicklung suchte ihre Stütze nicht so sehr in den makroskopisch feststellbaren, sondern vor allem in jenen formalen Vorgängen, welche man an den Zellen selbst, also mikroskopisch, nachweisen konnte. Bei der normalen Entwicklung erlangen die morphologisch zunächst voneinander nicht unterscheidbaren Zellen allmählich besondere Eigenschaften, durch welche sie sich als Teile bestimmter Organe kennzeichnen und so von den Zellen anderer Organe unterscheiden lassen: Die embryonalen Zellen „differenzieren“ sich zu den typisch geformten Organzellen. Mit dieser *formalen* ist auch eine *virtuelle Differenzierung* verbunden: Je typischer die Form der Zelle sich gestaltet, desto spezifischer wird auch die Arbeitsart dieser Zelle, bis sie schließlich nur noch auf jene Leistung eingestellt ist, welche ihr in dem betreffenden Organe zukommt. Damit geht auch eine allmähliche Beschränkung der

formativen Wandlungsfähigkeit der Zelle einher. Die embryonale Zelle dagegen ist vielfacher Wandlungen und Leistungen fähig und sie vermag sich daher nach verschiedenen Richtungen hin zu differenzieren, dies um so mehr, je jünger sie ist. Sie ist vor allem auch durch ihre Teilungs-, also Vermehrungsfähigkeit ausgezeichnet. Bei der rückläufigen Entwicklung nun sollen die bereits differenzierten Zellen ihre besonderen, sie als typische Organzellen kennzeichnenden Merkmale verlieren, so daß sie den embryonalen Zellen gleich werden. Die Zellen besäßen danach nicht bloß die Fähigkeit zur „Differenzierung“ bei ihrer normalen Entwicklung, sondern auch zur „Rück-, Ent- oder Dedifferenzierung“ nach Abschluß der Entwicklung, unter dem Einflusse besonderer Umstände. Durch diese Entdifferenzierung sollen sie wieder *embryonal*, also verjüngt werden und damit erst die Fähigkeit zu neuer Differenzierung erlangen.

Die Tatsachen, welche zur Stütze dieser Anschauungen angeführt werden, entstammen verschiedenen Forschungsgebieten: Ein Embryonalwerden bereits hochdifferenzierter Zellen wollen die Pathologen bei Entzündungen und anderen krankhaften Vorgängen, besonders bei Geschwulstbildungen, die Morphologen bei Regenerations-, Transplantations- und Hungerversuchen beobachtet haben.

In der Tat kann man in vielen von diesen Fällen feststellen, daß die betreffenden Zellen jene ihrer Merkmale verlieren, welche sie erst in späten Entwicklungsstadien erwarben und durch welche sie erst zu typischen Organzellen wurden. So verlieren z. B. gewisse Zellen der Nierenkanälchen bei Entzündungen ihren „Stäbchensaum“, die Muskelzellen ihre typische Querstreifung u. a. m. Auch die Gesamtform der Zellen wird verändert, und zwar in dem Sinne, daß sie jener der embryonalen Vorstufen dieser Zellen gleicht. Hier handelt es sich also in der Tat um eine Entdifferenzierung, die auch als Rückdifferenzierung bezeichnet werden kann, insofern als der dabei eingehaltene Geschehensgang tatsächlich oft der normalen Entwicklung — allerdings in umgekehrter Richtung — entspricht und das Endergebnis eine Form darstellt, welche einer embryonalen gleicht.

Es ist aber wohl zu beachten, daß mit dem Nachweise dieser rein formalen Veränderungen das behauptete *Embryonalwerden* der Zellen noch nicht sichergestellt ist. Der embryonale Entwicklungszustand ist ja nicht bloß durch eine bestimmte Form, sondern vor allem durch die *Potenzen* der Zellen gekennzeichnet. Ob diese Potenzen in den anscheinend völlig entdifferenzierten Zellen wirklich wieder vorhanden sind, kann aus dem Aussehen der Zellen allein nicht erschlossen werden — ganz abgesehen davon, daß dieses Aussehen durchaus nicht immer — und vor allem niemals vollständig — jenem der embryonalen Zellen entspricht.

Die Potenzen der embryonalen Zellen bestehen

vor allem in Teilungs- und Differenzierungsfähigkeit. Ihr Vorhandensein in den entdifferenzierten Zellen glaubte man nun durch die Fähigkeit dieser Zellen zur *Regeneration* sicher erwiesen zu haben. Denn die Neubildung verlorengegangener Teile des Organismus kann nur mit Hilfe von Zellteilungen und Zelldifferenzierungen erfolgen.

Das Regenerationsvermögen ist bei den verschiedenen Arten der Organismen ein verschiedenes, im allgemeinen aber ein um so größeres, je tiefer im System die betreffende Art steht, je weniger hoch sie organisiert ist. Es ist ganz erstaunlich, was alles solche niedrig organisierte Wesen zu regenerieren vermögen und wie klein die Bruchstücke ihres Körpers sein können, um trotzdem noch ganze, wenn auch zunächst entsprechend kleine Organismen wieder neu aus sich erstehen zu lassen. Betrachtet man diese Leistungen an sich, ohne die hierbei sich abspielenden Zellvorgänge zu kennen, so scheint es allerdings, daß sie nur dadurch möglich waren, daß die Zellen ihre embryonalen Potenzen durch rückläufige Entwicklung wieder gewannen und dann zum Aufbau des neuen Organismus verwerteten. Solche Schlüsse sind denn auch in der Tat gezogen worden, ohne daß man bedachte, daß nur die genaue Kenntnis der an den Zellen selbst sich abspielenden Vorgänge einen Aufschluß über das Wesen dieser Neubildungen zu vermitteln vermag — und gerade diese Kenntnis fehlt uns eben bei den hochgradigen Regenerationen. Wie vorsichtig man in der Deutung dieser Vorgänge sein muß, lehrt gerade jener Fall, welcher einen unzweideutigen Beweis für die behauptete rückläufige Entwicklung zu bilden schien, nämlich das hochgradige Regenerationsvermögen von *Clavellina*. Bei dieser Seescheide vermag jeder abgeschnittene Teil des Körpers, z. B. der sogen. Kiemenkorb oder der Eingeweidesack, ja auch jede obere, untere und seitliche Hälfte dieser Teile ein ganzes, vollkommen normal organisiertes Tier wieder neu zu bilden und dies außerdem zu wiederholten Malen! Ohne Kenntnis der hierbei sich abspielenden zellulären Vorgänge schien es zweifellos, daß es sich hier nicht vielleicht bloß um eine Ergänzung der fehlenden Teile durch einfache Zellvermehrung am Wundrande, sondern um eine völlige Umarbeitung, um eine Neuorganisation des alten Zellmaterials zum Zwecke der Bildung einer von vorneherein bestimmten, sozusagen geplanten neuen Form handle, wobei sich jeder Teil des alten Materials zu dem gestalten. „differenzieren“ müßte, was er seiner Lage nach in dem zu schaffenden neuen Ganzen werden sollte. Allein die genaue mikroskopische Untersuchung der dabei sich abspielenden Vorgänge (durch *Schazel*) lehrte, daß hier überhaupt keine Rück- und nachherige Neudifferenzierung (Umbildung) statt hat, daß vielmehr fast sämtliche Zellen dieser abgeschnittenen Teile des *Clavellina*-Körpers zugrunde gehen — bis auf jene besonderen Zellen, die sich bei diesem Tiere verstreut

zwischen den übrigen Körperzellen vorfinden und zeit lebens sowohl ihrem Aussehen, wie auch ihren inneren Eigenschaften, also ihren Potenzen nach, einen embryonalen Charakter besitzen. Von diesen Zellen allein geht die Neubildung aus, also von einem Reservematerial, das von der embryonalen Entwicklung her im fertigen Organismus liegen bleibt und das seine embryonalen Potenzen nur entfaltet, wenn es unter abnorme Bedingungen gerät. Beim Regenerationsversuche werden solche Bedingungen durch den Anschnitt und durch die Isolierung geschaffen, wodurch die Zellen zur Entfaltung ihrer Potenzen veranlaßt werden. Die Regeneration erfolgt also von Zellen aus, die überhaupt nicht so hoch differenziert sind wie die übrigen Gewebszellen und die daher auch gar nicht einer Rück- und Umdifferenzierung verfallen können. Die Neubildung erfolgt demnach von embryonalen Zellen aus und der Vorgang spielt sich daher auch in derselben Weise wie die normale Entwicklung ab.

Der Fall der *Clavellina* berechtigt zu der Annahme, daß allen anderen ähnlichen, besonders den hochgradigen Regenerationen die gleiche Ursache zugrunde liegt. Diese Annahme erscheint um so gerechtfertigter, als auch die im Organismus ständig und normalerweise erfolgenden Regenerationen auf einer prinzipiell gleichen Basis beruhen. Im fertigen Organismus werden nämlich teils durch die Lebensvorgänge selbst, teils durch äußere Einflüsse ununterbrochen Zellen vernichtet und abgestoßen, aber immer wieder durch neugebildete Zellen ersetzt: „Normale“ oder „physiologische Regeneration“, zum Unterschiede von der früher besprochenen „accidentellen, occasionellen“ oder „traumatischen“ Regeneration. Dieser Wiederersatz des Vernichteten bei der normalen Regeneration geht nun durchaus nicht von allen Zellen der betreffenden Gewebsart aus, vielmehr sind nur bestimmte Zellen hierzu befähigt, im Hautepithel z. B. nur die Zellen der tiefsten Schichte, im Darmepithel nur die Zellen bestimmter Drüsenabschnitte u. a. m. Ähnlich wie bei der *Clavellina* handelt es sich also auch hier um Zellen ganz besonderer Art, welche sich im Gegensatz zu ihren Genossen von ihrer embryonalen Entwicklung her die Teilungsfähigkeit erhalten haben. Diese Zellgruppen werden daher auch als die „Wachstumszentren“ der betreffenden Gewebe und Organe, wie auch als „Indifferenzzonen“ (*Schaper-Cohen*) bezeichnet, d. h. als Zonen, deren Zellen weniger differenziert, daher den embryonalen ähnlicher sind als die übrigen Gewebszellen. Auch bei dieser Regenerationsart findet daher keine Ent- oder Rückdifferenzierung statt, vielmehr teilen und differenzieren sich die Zellen dieser Wachstumszentren unmittelbar zu typischen Organzellen kraft der in ihnen selbst vorhandenen Entwicklungspotenzen. Im wesentlichen ist dies derselbe Vorgang wie bei der *Clavellina* und analogen Neubildungen.

Der Unterschied zwischen den verschiedenen

Regenerationsarten ist also ein *gradueller*, kein prinzipieller: *Je weniger differenziert das Ausgangsmaterial der Regeneration ist, desto mehr kann von ihm geleistet werden, desto größer ist das Regenerationsvermögen.* Die undifferenzierten Reservezellen der *Clavellina* sind noch imstande, einen neuen Organismus wieder aufzubauen, da sie den Zellen eines jungen Keimes gleichwertig sind; die höher differenzierten Zellen der Wachstumszentren vermögen nur noch Zellen der gleichen Art aus sich entstehen zu lassen.

Nun gibt es, wie bereits erwähnt wurde, zweifellos auch Regenerationsvorgänge, bei welchen *zunächst eine Entdifferenzierung* der die Neubildung liefernden Zellen stattfinden muß und es erhebt sich daher die Frage, ob diese Regenerationsvorgänge prinzipiell andere sind als jene, bei welchen die Neubildung ohne Zwischenschaltung einer Entdifferenzierung erfolgt. Entscheidend für die Beantwortung dieser Frage ist natürlich die Art der Auffassung des Rückdifferenzierungsvorganges: Den Anhängern der Lehre von der umgekehrten Entwicklung erscheint er als ein Geschehnis, welches bereits zum Regenerationsvorgange selbst gehört und das gewissermaßen in bewußter Weise erfolgt, um die betreffenden Zellen dessen zu entledigen, was sie bei ihrer normalen Differenzierung erworben haben und um sie dadurch wieder „embryonal“ zu machen; in diesem Sinne aufgefaßt, wäre der Entdifferenzierungsvorgang tatsächlich etwas Besonderes, nur gewissen Regenerationsarten Eigentümliches.

Man kann aber meines Erachtens auch annehmen, daß die Entdifferenzierung an sich weder durch den Regenerationsvorgang selbst ausgelöst wird, noch auch ein Embryonalwerden der Zellen zum Endergebnisse hat, daß sie vielmehr nur erfolgt, weil und insoweit sich *die Umwelt der betreffenden Zellen und damit die Bedingungen für das Fortbestehen der Eigenart dieser Zellen geändert* haben. Die Entdifferenzierung wäre demnach nichts anderes als die Reaktion der Zellen auf die Veränderung der äußeren Einflüsse. Was sich im Laufe der Entwicklung allmählich in den Zellen differenzierte, bedarf ja zu seinem Fortbestande dauernd gewisser Einflüsse, welche von der Umwelt dieser Zellen ausgehen. Diese Einflüsse werden aber durch die die Regeneration auslösende Ursache (Anschnitt, Isolierung u. a. m.) wesentlich geändert, beziehungsweise gänzlich ausgeschaltet, und da hierdurch jene Bedingungen entfallen, welche zum Fortbestande des in den Zellen Differenzierten notwendig sind, muß naturgemäß die Entdifferenzierung einsetzen.

Für diese Auffassungsart sprechen schon die Ergebnisse der *Hungerversuche*. Die bei ihnen sich einstellende Entdifferenzierung kann wohl kaum anders als damit gedeutet werden, daß im Organismus infolge des Nahrungsmangels nicht

mehr jene Stoffe erzeugt und den Zellen zugeführt oder aber weil aus den Zellen jene Stoffe abgesaugt werden, welche zum Fortbestande der Zelldifferenzierungen notwendig sind.

Einen direkten Beweis für diese Anschauungsart erblicke ich in jenen Vorgängen, welche ich bei *Transplantationsversuchen mit der Augenlinse* feststellen konnte¹⁾. Diese Versuche bestanden darin, daß die bereits vollendifferenzierte Linse von etwa 30 mm langen Larven des Landsalamanders (Erdmolches) aus dem Auge entfernt und unter die vorher durch einen Schnitt abgehobene Haut einer Stelle des Kopfes oder Rumpfes verpflanzt wurde. Die Hautwunde schloß sich dann — bei entsprechender Behandlung der Versuchstiere — über der verpflanzten Linse. Die Schicksale dieser in eine fremde Umwelt versetzten, also unter abnorme äußere Bedingungen gebrachten Linsen wurden hierauf in verschiedenen Zeiträumen nach der Operation an Schnittpräparaten durch mikroskopische Untersuchung genau verfolgt.

Zum Verständnis der Ergebnisse dieser Versuche muß darauf verwiesen werden, daß die Linse bei der normalen Entwicklung aus einer Zone des äußeren Keimblattes entsteht, welche sich zunächst grubig einsenkt und hierauf als Bläschen vom äußeren Keimblatte abschnürt und in den Augenbecher einsenkt. In diesem Entwicklungsstadium stellt die Linse ein aus einfachen Epithelzellen bestehendes Bläschen — das epitheliale „Linsenbläschen“ — dar, dessen eine Wand nach außen zu, dessen andere Wand gegen das Augeninnere hin gerichtet ist. Zwischen den ursprünglich gleichartigen Zellen dieser Wände tritt dann später ein scharfer Unterschied dadurch auf, daß die Zellen der inneren Wand ihre ursprüngliche Teilungsfähigkeit verlieren, stark in die Länge wachsen und hierbei ein eigenartiges glasiges Aussehen gewinnen: Sie gestalten sich zu den für die Linse typischen „Linsenfasern“ aus, während die übrigen Zellen der Linse ihren epithelialen Charakter bewahren und sich hierdurch von den Linsenfasern ihren äußeren und inneren Eigenschaften nach sehr wesentlich unterscheiden. Das für die Linse charakteristische Differenzierungsprodukt sind also die *Linsenfasern*.

Gerade an ihnen spielen sich nun jene Veränderungen ab, welche die Linse durch ihre Verpflanzung in eine andere Umwelt erleidet: Sie verlieren zunächst ihr eigenartig glasiges Aussehen und damit ihre für die Funktion der Linse wichtigste Eigenschaft, nämlich die Durchlässigkeit für Lichtstrahlen. Die an ihnen dabei auftretenden Trübungen, Vakuolisierungen und Aufquellungen beweisen, daß sich eine wesentliche Änderung ihrer physikalischen und chemischen

Eigenschaften vollzieht. Gleichzeitig damit tritt eine immer stärker werdende Verkürzung ein, ein Beweis dafür, daß die Linsenfasermasse allmählich resorbiert wird. Sie schwindet zum Schlusse ganz, und nunmehr bildet die Linse nur noch ein kleines Bläschen, dessen Wände allseits aus niedrigen Epithelzellen bestehen. Aus der großen, typisch differenzierten Linse ist ein nur mikroskopisch nachweisbares Gebilde entstanden¹⁾, das dem bei der normalen Entwicklung sich ausbildenden rein epithelialen Linsenbläschen in so hohem Grade ähnelt, daß es morphologisch mit ihm verglichen werden kann.

Dieses Versuchsergebnis ist außerordentlich überraschend. Denn niemand hätte es wohl vorher für möglich gehalten, daß sich eine so große und so weit differenzierte Linse mit ihren zahlreichen, in einer ganz bestimmten Weise angeordneten und für die Linsenfunktion typisch ausgebildeten Linsenfasern zu einem mikroskopisch kleinen, lediglich aus Epithelzellen bestehenden Bläschen rückbilden und auf diese Weise wieder eine Gestalt gewinnen könnte, welche einem frühen Entwicklungsstadium der Linse entspricht. So scheint gerade dieses Versuchsergebnis ganz besonders dafür zu sprechen, daß es eine umgekehrte oder rückläufige Entwicklung gibt. Dieses Versuchsergebnis ist aber um so wichtiger, als es sich bei ihm um *Wirbeltiere* handelt und von diesen noch kein Fall bekannt geworden ist, bei welchem der Rückbildungsvorgang eines ganzen und bereits voll differenzierten Organs, wie hier für die Linse, festgestellt werden konnte.

Prüft man aber den Verlauf und das Endergebnis dieser Versuche näher, so zeigt es sich, daß auch dieser anscheinend so klare Fall keinen Beweis für die behauptete Entwicklungsart darstellt. Die Stadien, welche die Linse bei dieser Rückbildung durchläuft, geben den normalen Entwicklungsgang der Linse — in umgekehrter Richtung — durchaus nicht genau wieder. Doch soll dieser Tatsache kein besonderes Gewicht beigelegt werden, da sie nicht entscheidend ist und da sie vielleicht den eigenartigen Umständen, unter welchen sich die Rückbildung der Linsen vollziehen muß, zur Last fällt. Aber, auffällig ist die Art der Rückbildung der Linsenfasern: Sie erfolgt in einer Weise, welche mit der normalen Anbildung dieser Elemente durchaus nicht übereinstimmt und zur Annahme drängt, daß es sich hierbei nicht um eine schrittweise erfolgende Rückbildung, sondern um einen Zerfall handelt,

¹⁾ Über rückläufige Entwicklung. Arch. f. Entw.-Mechanik, Bd. 42, 1916. Wenn hier über diese vor bereits 5 Jahren veröffentlichten Untersuchungen erst jetzt kurz berichtet wird, so erfolgt dies über ausdrücklichen Wunsch der Schriftleitung.

¹⁾ Bestimmte Zeitangaben über den Schwund der Fasermasse lassen sich nicht machen, da hierin begrifflicher Weise nicht unerhebliche Schwankungen vorkommen — die Linsen werden schon durch die mit der Verpflanzung verbundenen mechanischen Beeinflussungen naturgemäß verschieden betroffen und außerdem sind ja die Orte ihrer Einbettung im Gewebe nicht ganz gleich, daher auch die von ihnen ausgehenden Reize verschieden. Im Mittel dauert die Umwandlung bis zum Linsenbläschen mindestens einen Monat.

der dadurch veranlaßt wird, daß diesen Fasern etwas entzogen wurde, was zu ihrem Fortbestande notwendig ist. Die Vermutung lag nahe, daß dieses „etwas“ in chemischen Stoffen bestehe, welche normalerweise von den übrigen Bestandteilen des Auges, namentlich von dessen Netz- und Aderhaut, erzeugt und der Linse zugeführt werden. Die Richtigkeit dieser Vermutung wurde durch die Tatsache bestätigt, daß *die Rückbildung der Linse unterbleibt, wenn man mit der Linse auch noch Bruchstücke dieser Bestandteile des Auges unter die Kopf- oder Rumpfhaut verpflanzt*: Obzwar also auch diese Linsen aus dem Auge entfernt und in eine ihnen völlig fremde Umgebung versetzt worden waren, blieben sie dennoch normal, weil sie von den mit ihnen gleichzeitig transplantierten Abschnitten der Netz- und Aderhaut jene chemische Stoffe geliefert erhielten, welche zum Fortbestande der normalen Linse notwendig sind.

Die Rückbildung der Linsenfaser stellt demnach einen im wesentlichen chemisch bedingten Vorgang dar. Er tritt daher, wie weitere Versuche ergaben, auch dann ein, wenn nicht die ganze Linse, sondern nur *abgesprengte Teile ihrer Faser* unter die Haut transplantiert wurden. Wäre diese Rückbildung tatsächlich einem Entwicklungsvorgange gleichwertig, so könnte sie nur an dem ganzen Organe, nicht auch an dessen Bruchstücken erfolgen. Wenn sie trotzdem stattfindet, so beweist dies, daß die Bedingungen für sie nicht im Organanzen, sondern außerhalb desselben gelegen sind.

Für die Richtigkeit dieser Deutung des Schwundes der Linsenfaser — und die Art dieser Deutung ist entscheidend für die Auffassungsart der Linsen-Rückbildung überhaupt — läßt sich nun noch ein weiteres Ergebnis unserer Versuche verwerten, das ein ganz anderes Organ als die Linse betrifft. Das Epithel der über der verlagerten Linse befindlichen *Haut* erfuhr nämlich eine ganz eigenartige Veränderung. Normalerweise besteht es aus mehreren, verschieden differenzierten Zellagen, aus welchen sich eine Zellart ganz besonders hervorhebt. Es sind dies die sogen. Leydig'schen oder Schleimzellen, welche als einzellige Drüsen aufgefaßt werden. Zwischen den Epithelzellen finden sich ferner Pigmentzellen mit schwarzen Pigmentkörnchen, sogen. epitheliale Melanophoren, vor. Im Hautepithel über der verlagerten Linse bilden sich nun, und zwar ziemlich rasch, die Schleimzellen zurück, indem sie sich in gewöhnliche Epithelzellen umwandeln; die Melanophoren verschwinden, und zwar deshalb, weil sie in das Epithel der Nachbarschaft abwandern; das Epithel selbst wird zweischichtig, es verdünnt sich also an jenen Stellen, an welchen es aus mehr als zwei Zellagen bestand; seine Zellen nehmen ferner regelmäßigere, mehr kubische Form an und gewinnen außerdem ein helleres Aussehen, verlieren vor allem auch die in einzelnen von ihnen enthaltenen Pigmentkör-

chen. Durch alle diese Veränderungen *gewinnt das Hautepithel ein Aussehen, welches jenem seiner frühen Entwicklungsstadien ähnelt*, so daß man von rückläufiger Entwicklung zu sprechen versucht ist.

Allein auch für diesen Vorgang läßt sich der Nachweis erbringen, daß in ihm nur eine Reaktion der Zellen auf die Änderung der äußeren, und zwar vor allem der chemischen Einflüsse vorliegt. Er stellt sich nämlich nicht bloß über einer verlagerten Linse, sondern auch über Bruchstücken der erwähnten Schichten des Auges ein, wenn diese unter die Haut verpflanzt werden. Daß aber der Einfluß, den diese Bruchstücke auf das Hautepithel ausüben, ein chemischer ist, folgt daraus, daß die Rückbildung auch dann eintritt, wenn man bloß den durch die Zerstückelung jener Gewebsschichten gewonnenen Gewebsbrei unter die Haut verbringt, wenn man also nicht diese Zellschichten als Ganzes, sondern nur die in ihnen enthaltenen chemischen Stoffe, den „Gewebs-saft“, auf die Haut einwirken läßt.

Aus diesen Versuchsergebnissen folgt, daß *die Zellen der Linse und der inneren Gewebsschichten des Auges chemische Stoffe erzeugen, welche, wenn sie zum Hautepithel gelangen, den Fortbestand gerade jener seiner Elemente verhindern, welche für das Hautepithel kennzeichnend sind und das Endprodukt seiner normalen Differenzierung darstellen*.

Für die Abhängigkeit des Fortbestandes der Zelldifferenzierungen von den Einflüssen der Umwelt, also von Faktoren, welche außerhalb der betreffenden Zellen liegen, und für die Reaktion der Zellen auf die Änderung dieser Einflüsse liefern diese Versuchsergebnisse noch einen anderen sehr interessanten Beweis. Der Umbildungsvorgang des Hautepithels ergibt zum Schlusse zwar eine gewisse Ähnlichkeit, aber durchaus keine völlige Gleichheit mit jenem Bilde, das frühe Entwicklungsstadien des Hautepithels darbieten. Es handelt sich bei ihm eben nur um eine durch chemische Einflüsse bedingte und nur ihnen gemäße Umbildung, nicht um ein planmäßiges Zurückweichen zu einem embryonalen Zustande. Wohl aber *gleicht das in dieser Weise umgebildete Hautepithel auffällig einem normalen Bestandteile des Auges, nämlich dem Epithel der Hornhaut*. Obzwar auch dieses demselben Mutterboden entstammt wie das Hautepithel, bilden sich in ihm dennoch keine Leydig'schen Zellen und keine Melanophoren aus, seine Epithelzellen enthalten ferner keine Pigmentkörnchen und sie besitzen auch eine regelmäßigere Gestalt als die Zellen des Hautepithels — alles Momente, welche das Hornhautepithel einerseits einem frühen Entwicklungsstadium des Hautepithels gleichen lassen und es andererseits zu seiner wichtigsten Funktion, zur Durchlässigkeit für Lichtstrahlen, befähigen. Wenn nun aus unseren Versuchen gefolgert werden kann, daß die Linse und gewisse Gewebszellen des Auges Stoffe erzeugen, welche das

Hautepithel derart umbilden, daß es dem Hornhautepithel im wesentlichen gleich wird, so liegt die Annahme nahe, daß auch normalerweise die Ausbildung und der Fortbestand des Hornhautepithels von jenen Stoffen abhängen. Diese werden ja ständig von der Linse und von jenen Gewebszellen des Auges erzeugt und durch die vordere Augenkammer unmittelbar an die Hornhaut befördert. Die Richtigkeit dieser Annahme konnte ich später¹⁾ durch besondere Versuche erweisen: *Entfernt man die Linse und die inneren Schichten des Auges, beläßt aber die Hornhaut an normaler Stelle, so hört der Zufluß jener Stoffe zur Hornhaut auf, weil ja die Erzeugungsstätten dieser Stoffe entfernt wurden.* Dann aber kann man feststellen, daß *sich der Charakter des Hornhautepithels wesentlich verändert, und zwar derart, daß sich in ihm gerade jene Eigenschaften ausbilden, welche das Hautepithel kennzeichnen.* Die Folge hiervon ist u. a. auch die, daß dieses Hornhautepithel seine funktionell wichtigste Eigenschaft, nämlich die Lichtdurchlässigkeit, verliert.

Sehen wir hier von jenen Schlußfolgerungen ab, welche sich aus diesen Versuchsergebnissen hinsichtlich der Entwicklung und Erhaltung der Bestandteile des Auges ableiten lassen und beschränken wir uns lediglich auf die Erörterung der Bedeutung dieser Ergebnisse für die Frage der rückläufigen Entwicklung, so kann wohl nicht daran gezweifelt werden, daß die durch diese Versuche künstlich bewirkten Umbildungen des Haut- zu Hornhautepithel einerseits und des Hornhaut- zu Hautepithel andererseits Vorgänge darstellen, welche ihren Ursachen und ihrem Wesen nach gleichartig sind. Im ersteren Falle handelt es sich aber anscheinend um eine Rückbildung, um ein Zurückgehen auf einen embryonalen Zustand, im letzteren Falle dagegen um eine Weiterdifferenzierung, um die Erlangung eines Formzustandes, welcher normalerweise von der das Hornhautepithel liefernden Zellgruppe nicht erreicht wird. Das Gemeinsame für diese beiden Umbildungsvorgänge besteht in der Wirkung gleichartiger Reize, und es sind daher auch diese Vorgänge *lediglich als Reaktionen auf diese Reize* aufzufassen, ohne daß hieraus auch schon Folgerungen betreffs der Gleichartigkeit dieser Vorgänge mit dem normalen Entwicklungsgange gezogen werden dürfen.

Gegen eine derartige Folgerung spricht ferner das *Endergebnis* des Rückbildungsvorganges. *Formal* gleicht es in vielen, wenn auch nicht in allen Fällen einem frühen Entwicklungsstadium des betreffenden Gewebes oder Organes. Auch bei der Linsenrückbildung resultierte ein Gebilde, das dem epithelialen Linsenbläschen zwar nicht völlig gleicht, aber doch in hohem Grade ähnelt. Es ist aber zu bedenken, daß der scheinbare Wiedergewinn derartiger embryonaler Ausgangs-

formen lediglich die natürliche, oft bloß mechanische Folge des Schwundes der Differenzierungen der Zellen darstellt, wie z. B. auch bei der Linse: Bildet sich deren Fasermasse zurück, so kann eben nichts anderes als ein epitheliales Bläschen entstehen. In dem Wiedergewinn einer embryonalen Form — falls er sich überhaupt einstellt — liegt demnach ein Umstand vor, der nicht aus dem Wesen des Rückbildungsvorganges selbst hervorgeht, der vielmehr nur den Begleitumständen dieses Vorganges sein Erscheinen verdankt. — Viel wichtiger noch ist die Tatsache, daß das Endergebnis der Rückbildung auch *virtuell* durchaus nicht völlig der embryonalen Form entspricht. Im Falle der Linsenrückbildung kommt es nicht bloß nicht zum Wiedergewinn der embryonalen Potenzen des Linsenbläschens, sondern dieses vermag sich nicht einmal als solches zu erhalten, es geht vielmehr vollständig zugrunde. Obzwar wir also in diesem Falle formal — allerdings ohne genauere Prüfung — von rückläufiger Entwicklung sprechen könnten, vermögen wir dies durchaus nicht, wenn wir diesen Vorgang auch nach der virtuellen Seite hin prüfen — erst der Wiedergewinn nicht bloß der embryonalen Form, sondern vor allem der embryonalen Potenzen würde jedoch gestatten, eine rückläufige Entwicklung anzunehmen.

Auch in jenen Fällen, bei welchen nach Abschluß der formalen, anscheinend rückläufigen Vorgänge eine rege Zellvermehrung einsetzt und hierauf eine Gestaltungskraft entfaltet wird, wie wir sie sonst nur bei embryonalen Zellen beobachten, handelt es sich demnach, wie die genauere Prüfung der hierher gehörigen Tatsachen ergibt, nicht um den Wiedergewinn von embryonalen Potenzen, sondern vielmehr nur um die *Entfaltung von Potenzen, welche — wie bei der Clavellina — in den betreffenden Zellen bereits vorhanden* waren und daher nicht erst wiedergewonnen werden mußten. Die Ursache für die Entfaltung dieser in den Zellen schlummernden Potenzen bildet die Änderung der äußeren Umstände, die ja bei diesen Vorgängen stets erfolgt.

Weder formal noch *virtuell* gibt es demnach eine umgekehrte Entwicklung und es entfallen daher alle aus deren Annahme gezogenen, eingangs erwähnten Folgerungen. Denn sowohl der Wiedergewinn einer embryonalen Form, wie auch der scheinbare Wiedergewinn embryonaler Potenzen sind nur Reaktionen der Zellen auf Veränderungen ihrer Umwelt. Die Art und das Endergebnis dieser Reaktionen wird nicht durch das Wiederinkrafttreten jener Faktoren, welche den normalen Entwicklungsgang lenken, sondern nur durch jene Potenzen bestimmt, welche den Zellen nach ihrer Differenzierung noch innewohnen. Da nun die Entfaltung dieser Potenzen beim fertigen Organismus unter anderen äußeren Bedingungen stattfindet als beim Embryo, kann das Ergebnis dieser Entfaltung, trotz prinzipieller Gleichheit dieser Potenzen mit

¹⁾ Beiträge zur Biologie der Pigmentzelle. Anatom. Hefte, H. 174 (1919).

den embryonalen, unter Umständen auch ein formal ganz anderes sein als bei der normalen Entwicklung, woraus sich manche befremdende Erscheinungen bei Rückbildungsvorgängen erklären. Diese Tatsache ist besonders wichtig für die Anwendung der hier entwickelten Anschauungen auf die pathologischen Vorgänge, insbesondere auf die Geschwulstbildungen, deren Erörterung jedoch nicht in den Rahmen dieser Mitteilung fällt.

Die Radikale in der älteren und in der modernen organischen Chemie.

Von Hans Lecher, München.

I. Die ältere Radikaltheorie.

1. Als man die systematische Erforschung organischer Verbindungen begann, konnte man es noch nicht wagen, den Bau ihrer Moleküle bis zur Anordnung der kleinen Bausteine, der Atome, zu verfolgen. Man mußte zufrieden sein, gewissermaßen Mauern des Molekülbaues kennen zu lernen; größere Bestandteile des Moleküls, Atomkomplexe, welche in Molekülen verschiedener Verbindungen vorkamen: „Radikale“.

2. Das französische Wort „radical“, auf deutsch „Wurzel“, finden wir bei Lavoisier (1), welcher die Säuren als Sauerstoffverbindungen von Radikalen auffaßte. Die Säuren des Mineralreichs enthielten „einfache Radikale“, die organischen Säuren „zusammengesetzte Radikale“ (in unserer Sprache: Atomkomplexe). Das Radikal der Schwefelsäure war der Schwefel; die Essigsäure aber enthielt ein aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehendes Radikal (in unserer modernen Schreibweise die Gruppe $\text{CH}_3 \cdot \text{C}$).

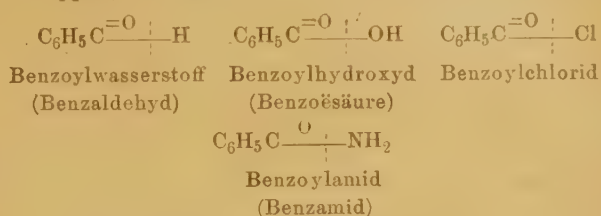
Wir finden hier also die Idee, daß die organischen Stoffe besonders fest gefügte Komplexe elementarer Bestandteile enthalten. Diese Ansicht bildet die Grundlage der älteren Radikaltheorie. Jene Radikale, jene fest geschmiedeten Atomgruppen waren die eigentlichen „Elemente der organischen Chemie“ [Dumas (2)].

3. Gab es wirklich solche Komplexe, so mußten sie bei den meisten chemischen Umsetzungen unverändert bleiben und wie ein Element von einer Verbindung in die andere übergehen. Hierfür erbrachten vor allem die drei nachstehend angeführten klassischen Untersuchungen wichtige experimentelle Belege:

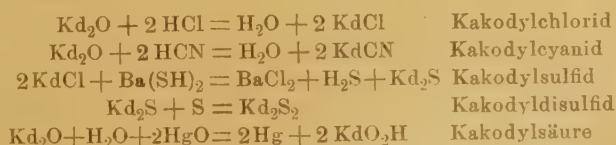
Im Jahre 1815 fand Gay-Lussac (3), daß die von Scheele 1782 entdeckte Blausäure, $\text{H}[\text{CN}]$ (4), einen Bestandteil enthielt, der bei den meisten Reaktionen unverändert erhalten blieb; er nannte ihn „cyanogène“, d. h. blaue Verbindungen bildend ($\chi\upsilon\alpha\upsilon\omicron\varsigma$ = blau, $\gamma\epsilon\upsilon\upsilon\omega$ = erzeuge; das „Preußischblau“ oder „Berlinerblau“ enthält Eisen und Cyan). Dieses Radikal Cyan fand sich

ebenso in Metallsalzen der Blausäure, z. B. Cyankalium, $\text{K}[\text{CN}]$, wie im Chlorcyan, $\text{Cl}[\text{CN}]$, dem Produkte der Einwirkung von Chlor auf Blausäure.

In der Arbeit von Wöhler und Liebig (4) über das Radikal der Benzoesäure (1832) konnte der Atomkomplex $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}=\text{O}$ durch eine Folge von Reaktionen unverändert mitgeführt werden. U. a. gab das Bittermandelöl (Benzaldehyd) bei der Oxydation durch den Luftsauerstoff Benzoesäure, bei der Einwirkung von Chlor deren Chlorid; das Benzoylchlorid wurde durch Ammoniak ins Amid der Benzoesäure verwandelt. Das Radikal „Benzoyl“ findet sich, verbunden mit anderen Gruppen, in allen diesen Verbindungen:



Endlich verhalfen Bunsens Arbeiten (5) um 1840 der älteren Radikaltheorie noch zu einem besonders glänzenden Erfolg. Cadet hatte schon im 18. Jahrhundert bei der Destillation von essigsaurem Kalium mit Arsenik eine unerträglich stinkende, sehr giftige und selbstentzündliche Flüssigkeit erhalten. Bunsen unternahm sich ihrer gefährlichen Untersuchung, die Experimentierkunst seiner Zeit weit übertreffend. Cadets Flüssigkeit enthielt im wesentlichen das Oxyd eines arsenhaltigen Radikals, welchem Berzelius den prosaischen Namen „Kakodyl“, Kd, ($\kappa\alpha\kappa\omega\delta\eta\varsigma$ = stinkend) gab. Dieses Radikal verhielt sich wie ein Element, das Kakodyloxyd wie ein Metalloxyd, wie dies die folgenden Umsetzungen anschaulich machen:

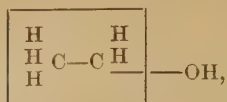


Die Konstitution des Kakodylradikals selbst wurde später von Kolbe (6) gedeutet; es ist der Dimethylarsenrest $(\text{CH}_3)_2\text{As}$.

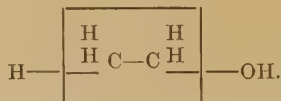
4. Wenn es nun wirklich Gruppen von besonders fest miteinander verbundenen Atomen gab, so mußten diese Radikale, welche eine Verbindung aufbauen, eindeutig zu bestimmen sein. Bei den Verbindungen des Cyans, des Benzoyls und des Kakodyls wiesen alle Reaktionen auf die Radikale hin. Aber bei anderen Stoffen gaben die Umsetzungen sehr oft keinen eindeutigen Aufschluß über ihre Radikalkomponenten.

Betrachten wir z. B. den Alkohol und suchen wir die Frage zu beantworten, welches Radikal er enthält. Bei den meisten Reaktionen (Veresterung, Ätherbildung) bleibt die Äthylgruppe intakt:

⁴⁾ Sämtliche Formeln dieser Abhandlung werden modern geschrieben.



aber bei der intramolekularen Wasserabspaltung liefert er Äthylen:



Ist nun die Äthylgruppe oder das Äthylen das „Radikal“ des Alkohols?

Liebig (7) entschied sich auf Grund verschiedener Reaktionen für das Äthyl-Radikal; nach Liebig war also

Äthylchlorid	$\text{C}_2\text{H}_5, \text{Cl}$	wie KCl ,
Äther	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2, \text{O}$	wie K_2O ,
Alkohol	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2, \text{O}, \text{H}_2\text{O}$	wie $\text{K}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O} (= \text{KOH})$.

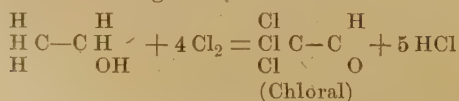
Dumas (8) dagegen bevorzugte ursprünglich das Äthylen-Radikal, welches er mit dem Ammoniak verglich und welches Berzelius (9) „Ätherin“ nannte:

Äthylen (Ätherin)	C_2H_4	wie NH_3 ,
Äthylchlorid	$\text{C}_2\text{H}_4, \text{HCl}$	wie NH_3, HCl .
Äther	$2 \text{C}_2\text{H}_4, \text{H}_2\text{O}$,	
Alkohol	$\text{C}_2\text{H}_4, \text{H}_2\text{O}$.	

Man kann also den Bau vieler Verbindungen nicht eindeutig aus Radikalen konstruieren, weil eben nicht in jeder Verbindung scharf abgegrenzte, fester gefügte Atomgruppen vorkommen. Dies war die eine große Schwäche der älteren Radikaltheorie.

5. Ihre andere Schwäche war die alsbald erkannte relativ große Veränderlichkeit jener so fest geglaubten Atomgruppen. Die radikalen Bausteine der organischen Moleküle wurden vielfach für unveränderlich — wie elementare Atome — oder wenigstens für schwer veränderlich gehalten. Diesen Glauben hat die Entdeckung und Untersuchung der Substitutionsvorgänge schwer erschüttert. Man fand, daß bei der Einwirkung von Chlor auf organische Verbindungen Wasserstoff durch Chlor ersetzt, „substituiert“ wird. Und das Chlor machte durchaus nicht vor dem Radikal Halt, sondern substituierte auch den Wasserstoff des Radikals selbst.

Bleiben wir bei dem Beispiele des Alkohols. Liebig (10) hatte durch Einwirkung von Chlor auf Alkohol das Chloral erhalten, dessen Zusammensetzung von Dumas (11) richtig ermittelt wurde. Betrachten wir diese Reaktion in modernen Formelbildern, so erkennen wir unschwer, daß bei ihr das Äthyl- oder Ätherinradikal des Alkohols völlig verändert wird:



6. Derartige Schwierigkeiten drängten dazu, den Bau organischer Moleküle nicht aus Radikalen, sondern aus kleineren Teilen, aus den ele-

mentaren Atomen selbst zu konstruieren, d. h. „Strukturformeln“ aufzustellen. Aber von der älteren Radikaltheorie bis zur Strukturlehre Kekulé und Coupers war noch ein weiter, schwieriger Weg, den die Namen Dumas, Laurent, Gerhardt, Wurtz, A. W. Hofmann, Williamson, Frankland und Kolbe schmücken; auf diese Entwicklung soll hier nicht eingegangen werden.

Als man schließlich die Zusammensetzung von Molekülen aus aneinandergereihten Atomen, die „Struktur“, kannte, verloren die Radikale zunächst ihre Wichtigkeit. Wenn man in der Folgezeit noch von Radikalen sprach oder in Radikalen dachte, so geschah es, um irgendeine Atomgruppe bequem benennen oder sich den Aufbau einer Verbindung besser merken zu können; der Radikalbegriff war zu einem formalen und mnemotechnischen Hilfsmittel herabgesunken. Kekulé definierte schon 1857 (12) Radikal als einen „bei einer bestimmten Zersetzung gerade unangegriffenen bleibenden Rest“.

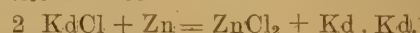
II. Die Frage der Isolierbarkeit von Radikalen in der älteren organischen Chemie.

7. Zur Zeit der älteren Radikaltheorie wurde die Frage der Isolierbarkeit von Radikalen im allgemeinen bejaht. Ebenso wie man Elemente aus Verbindungen darstellen konnte, ebenso sollten auch diese „Elemente der organischen Chemie“ herausgelöst aus ihren Verbindungen für sich existenzfähig sein.

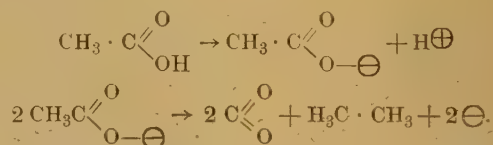
Nun hatte schon 1815 Gay-Lussac in seiner erwähnten Arbeit (3) angeblich das freie Radikal der Blausäure, das Cyan, dargestellt; er hatte es durch Erhitzen von Quecksilbercyanid erhalten:



Bunsen (5) glaubte auch das Kakodylradikal durch Einwirkung von Zink auf Kakodylchlorid dargestellt zu haben:



Bei der Elektrolyse der Essigsäure erhielt Kolbe (13) an der Anode neben Kohlensäure das vermeintliche Methylradikal:



Schließlich glaubte Frankland (14), Äthyl bei der Einwirkung von Zink auf Jodäthyl bekommen zu haben:



8. Wir wissen heute, daß alle diese Stoffe nicht die Radikale selbst, sondern Vereinigungen zweier Radikale sind. Das Radikal der Blausäure $\text{H}[\text{CN}]$ ist CN , das von Gay-Lussac entdeckte Cyangas ist aber Dicyan $\text{NC} \cdot \text{CN}$. Das Kakodylradikal ist $(\text{CH}_3)_2\text{As}$, das freie Kakodyl Bunsens aber $(\text{CH}_3)_2\text{As}-\text{As}(\text{CH}_3)_2$. Ebenso ist das „Methyl“ Kolbes nicht das Radikal CH_3 , sondern der Kohlenwasserstoff Äthan $\text{H}_3\text{C} \cdot \text{CH}_3$;

der Zusammensetzung $[(C_6H_5)_3C]_x$. Dieser bildet im festen Aggregatzustande farblose Kristalle, gibt aber mit organischen Lösungsmitteln, z. B. Benzol, je nach Temperatur und Konzentration gelbe bis rote Lösungen.

Diese Lösungen nehmen begierig Luftsauerstoff auf, werden dabei entfärbt und scheiden ein Oxydationsprodukt des gelösten Kohlenwasserstoffs aus. Dieses ist ein Peroxyd der Formel $(C_6H_5)_3C \cdot O \cdot O \cdot C(C_6H_5)_3$. Schüttelt man also die gelbe Lösung rasch mit Luft, so wird sie entfärbt; aber die gelbe Farbe erscheint nach einigen Sekunden wieder. Man kann dann wieder durch rasches Schütteln entfärben und die Wiederkehr der gelben Farbe beobachten. Dieses Experiment kann mit der gleichen Lösung so lange wiederholt werden, bis alles Gelöste in das farblose Peroxyd verwandelt ist: dann bleibt die Lösung entfärbt. Dieser einfache, aber wichtige Versuch rührt von Schmidlin (16) her (1908).

Das geschilderte Experiment zeigt, daß in der gelben Lösung zwei Individuen sind, ein farbloses und ein gelbes. Die beiden stehen miteinander in einem chemischen Gleichgewicht:

Farblos \rightleftharpoons Gelb.

Der gelbe Stoff ist derjenige, welcher rasch mit Luftsauerstoff reagiert, da die Lösung beim Schütteln an der Luft zunächst entfärbt wird. Ist aber der gelbe Stoff durch den Luftsauerstoff oxydiert worden, so ist er auch aus dem Gleichgewicht mit der farblosen Verbindung verschwunden, dieses Gleichgewicht ist gestört. Daher muß so lange farbloser in gelben Stoff übergehen, bis das Gleichgewicht wieder erreicht ist: die Lösung wird wieder gelb.

11. J. F. Piccard (17) hat (1911) durch einen einfachen und eleganten Versuch gezeigt, daß die farblose Modifikation des Kohlenwasserstoffs der gelben „polymer“ sein muß; d. h. die gelbe Form muß durch eine Spaltung, eine Dissoziation der farblosen entstehen.

Wir füllen — natürlich unter Sauerstoffausschluß! — in eine lange Röhre, welche am unteren Ende mit einem Glasfenster verschlossen ist, ein wenig der gelben Lösung ein. Sehen wir nun durch das Glasfenster und durch die ganze Länge der Röhre gegen weißes Licht, so erblicken wir natürlich einen runden gelben Fleck. Diese gelbe Farbe wird verursacht durch die Lichtabsorption der gelösten Moleküle, welche zwischen dem Auge des Beobachters und der Lichtquelle sind.

Nun werde mit dem farblosen Lösungsmittel (z. B. Benzol) verdünnt. Und dann sehen wir wieder in der beschriebenen Weise durch die Röhre durch. Wenn sich die Zahl der gefärbten Moleküle beim Verdünnen nicht geändert hat, so müssen wieder gleichviel gleichgefärbte Moleküle zwischen Auge und Lichtquelle sein; die Farbe nach und vor dem Verdünnen muß identisch sein (Beersches Gesetz [18]).

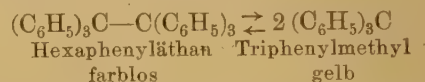
Führt man diesen Verdünnungsversuch mit der gelben Lösung des Kohlenwasserstoffs von Gomberg durch, so erscheint aber der Fleck nach dem Verdünnen *viel dunkler gelb*, nach starker Verdünnung *dunkel orangerot*! Beim Verdünnen hat also die Zahl der gefärbten Teilchen bedeutend zugenommen; d. h. das Gleichgewicht Farblos \rightleftharpoons Gelb ist stark nach der Seite der gelben Verbindung verschoben worden. Dies ist nach dem Gesetz der chemischen Massenwirkung nur möglich, wenn die Reaktion Farblos \rightarrow Gelb ein Dissoziationsvorgang ist.

Die farblose Modifikation des Gomberg'schen Kohlenwasserstoffs ist also größer als die gelbe.

12. Wir verfügen heute über eine Anzahl guter Methoden zur Ermittlung des Molekulargewichtes; unter diesen ist die Methode der „Gefrierpunktserniedrigung“ die beste. Immerhin ist die Fehlergrenze beträchtlich und wird noch erhöht, wenn es sich um Substanzen handelt, welche schwer absolut rein zu bekommen und leicht veränderlich sind; dies ist bei freien Radikalen oder Stoffen, welche in solche dissoziieren, durchweg der Fall.

Die Molekulargewichtsbestimmung des Kohlenwasserstoffs von Gomberg ist wiederholt (19) ausgeführt worden. Sie ergab bei tieferer Temperatur Werte, welche nahe an $[(C_6H_5)_3C]_2$ herankamen; bei höherer Temperatur blieben die gefundenen Werte beträchtlich hinter den für diese Formel berechneten zurück (Zunahme der Dissoziation!).

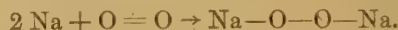
13. Somit kann die farblose größere Form von Gomberg's Kohlenwasserstoff nur $[(C_6H_5)_3C]_2$ sein, die gelbe das freie Radikal $(C_6H_5)_3C$. Das Gleichgewicht in den gelben Lösungen ist in folgender Weise zu formulieren:



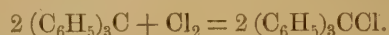
Das freie Radikal Triphenylmethyl ist der überaus reaktionsfähige Bestandteil der Lösung. Mit Sauerstoff reagiert das Radikal nach:



Ganz analog reagiert Natrium bei höherer Temperatur mit Sauerstoff:



Überhaupt ergeben sich einige Parallelen zwischen Metallen und dem Radikal Triphenylmethyl, welches Baeyer und Villiger (20) ein „zusammengesetztes Metallatom“ nannten. So vereinigt sich Triphenylmethyl mit den Halogenen zu ausgesprochen polaren Verbindungen:



Eine Lösung von Triphenylmethylchlorid in flüsigem Schwefeldioxyd leitet den elektrischen Strom (Walden [21]); das Triphenylmethyl wandert zur Kathode wie ein Metall (Schlenk [22]).

Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß sich Triphenylmethyl nach *Schlenk* (23) auch mit Natrium zu einer labilen roten Verbindung $(C_6H_5)_3CNa$ vereinigt.

14. Man muß scharf unterscheiden zwischen dem ungesättigten Radikal $(C_6H_5)_3C$ und dem gesättigten Ion $(C_6H_5)_3C^+$. Der Unterschied ist prinzipiell der gleiche zwischen metallischem, auch einatomigem Natrium und Natriumion.

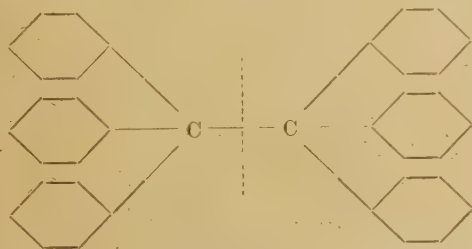
Löst man Hexaphenyläthan in flüssigem Schwefeldioxyd, so erhält man eine gelbe Lösung: diese enthält das Ion $(C_6H_5)_3C^+$, leitet den elektrischen Strom (24), reagiert nicht mit Sauerstoff. Verdunstet man das Schwefeldioxyd und löst das zurückbleibende Hexaphenyläthan in Benzol, so erhält man ebenfalls eine gelbe Lösung: aber diese enthält das Radikal $(C_6H_5)_3C$, leitet nicht, reagiert prompt mit Sauerstoff und gibt ein ganz anderes Absorptionsspektrum wie obige Schwefeldioxydlösung (*K. H. Meyer* und *H. Wieland* [25]).

15. *Tri-biphenyl-methyl*. — Die Hauptschwierigkeit für die Lösung des Triphenylmethylproblems war darin gelegen, daß Hexaphenyläthan bei Zimmertemperatur nur zu einigen Prozenten in die Radikale dissoziiert ist. Diese Dissoziation hatte sich durch Molekulargewichtsbestimmung nicht einwandfrei beweisen lassen, weil sie in die Fehlergrenze fiel.

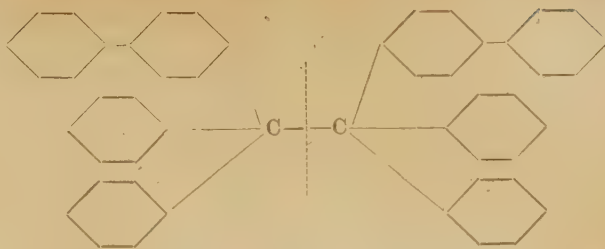
Es war daher ein überaus glücklicher Gedanke, gewisse Derivate des Hexaphenyläthans darzustellen, um zu stärker dissoziierenden Kohlenwasserstoffen zu gelangen. *Schlenk* ersetzte die Phenylreste sukzessive durch Biphenylreste und stellte fest, daß hierdurch die Neigung zur Dissoziation außerordentlich zunahm. Er kam so zu einem vollständig dissoziierten Kohlenwasserstoff, dessen Molekulargewichtsbestimmung also in völlig exakter und einwandfreier Weise den Beweis für die Existenzfähigkeit freier Radikale lieferte.

Diese Arbeit *Schlenks* (26) (1910) bedeutete seinerzeit die Lösung des „Triphenylmethylproblems“; der auf anderem Wege geführte Beweis für die Dissoziation des Hexaphenyläthans selbst durch *Piccard* stammt erst aus dem Jahre 1911.

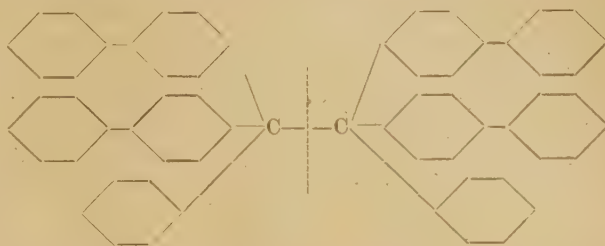
Die folgende Übersicht zeigt den Einfluß der Einführung von Phenylresten ins Triphenylmethyl:



Hexaphenyläthan, farblose Kristalle. Ist in den gelben Lösungen bei Zimmertemperatur zu einigen Prozenten, bei 80° zu rund 20% in Triphenylmethyl dissoziiert.



Dibiphenyl-tetraphenyl-äthan. Ist in seinen orangeroten Lösungen bei Zimmertemperatur zu schätzungsweise 15% in Biphenyl-diphenyl-methyl dissoziiert.



Tetrabiphenyl-diphenyl-äthan, farblose Kristalle. Ist in der roten Benzollösung bei 5° zu ca. 80% in die Radikale Dibiphenyl-phenyl-methyl gespalten.

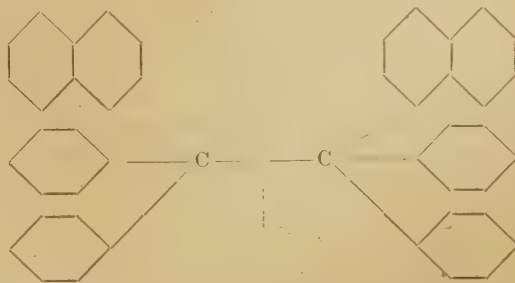


Tribiphenylmethyl, dunkelgrüne Kristalle. Existiert überhaupt nur monomolekular als „Radikal“. Die violettrote Lösung enthält keinen bimolekularen Kohlenwasserstoff.

Dieses Tribiphenylmethyl *Schlenks* ist eine der interessantesten Verbindungen der organischen Chemie. Es ist das erste in Substanz erhaltene freie Radikal mit dreiwertigem Kohlenstoff.

16. *Naphthyl-methyle*. — Noch stärker wie Biphenylreste begünstigen Naphthylreste die Radikaldissoziation.

Z. B. gibt das farblose Di- α -naphthyl-tetraphenyläthan [*Gomberg* (27), *Schlenk* (28)] rote Lösungen, in denen bei Zimmertemperatur ca. 60 %



in die Radikale dissoziiert sind; bei 80° enthalten die Lösungen überhaupt nur mehr das Radikal α -Naphthyl-diphenyl-methyl.

Und das dunkelvioletten *Tri- β -naphthyl-methyl*



gibt violettrote Lösungen, in denen es nur monomolekular zu existieren scheint. [Tschitschibabin (29)].

17. *Triaryl-methyle*. — Seit *Gomberg's* Entdeckung sind außer den eben genannten noch viele analoge Radikale mit dreiwertigem Kohlenstoff beobachtet worden. Sie gleichen in ihrem Verhalten im großen und ganzen dem Triphenylmethyl. Konstitutionell sind sie dadurch charakterisiert, daß an dem „dreiwertigen“ Kohlenstoff drei *aromatische* Reste („Arylgruppen“) hängen: Ar_3C .

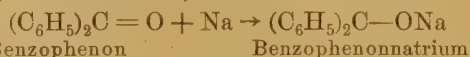
Man hat so rein empirisch gefunden, daß die Belastung des Kohlenstoffatoms mit 3 Arylen die vierte Valenz desselben bedeutend schwächt oder auslöscht, insoweit sich diese Valenz einem gleichen Radikal gegenüber betätigen soll. Eine befriedigende Erklärung steht noch aus.

Gegenüber anderen Verbindungen aber erweisen sich die Triarylmethyle als besonders reaktionsfähig und „ungesättigt“. Sie geben z. T. selbst mit Paraffinen (30) Additionsverbindungen; ebenso mit Äthern, Estern usw. Mit den Halogenen reagieren sie momentan.

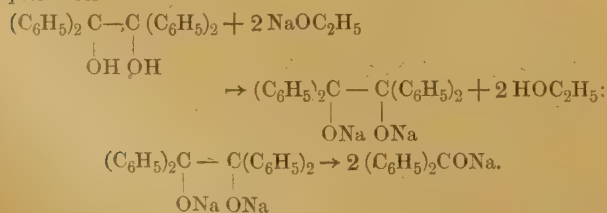
Typisch ist die große Affinität zu Sauerstoff, mit dem sie Peroxyde bilden.

18. *Metallketyle*. — *E. Beckmann* und *Th. Paul* (31) haben die schöne Entdeckung gemacht, daß sich einige Ketone mit Natrium zu intensiv gefärbten Verbindungen vereinigen. So gibt z. B. Benzophenon mit Natrium ein dunkelblaues Additionsprodukt. Dieses ist die Muttersubstanz einer größeren Körperklasse, welche neuerdings von *Schlenk* (32) eingehend untersucht wurde.

Nach *Schlenk* enthalten diese Verbindungen, welche „*Metallketyle*“ genannt werden, dreiwertigen Kohlenstoff, sind also Radikale:



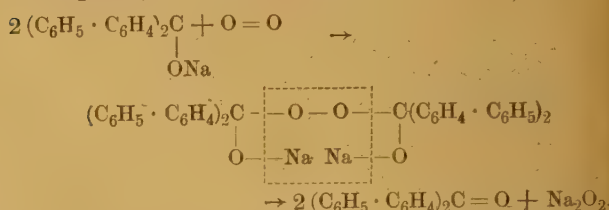
Benzophenonnatrium bildet sich auch bei der Einwirkung von Natriumalkoholat auf Benzopinakon:



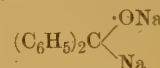
Daß die Metallketyle wirklich monomolekular sind, wurde von *Schlenk* durch Molekulargewichtsbestimmung am Phenyl-biphenyl-keton-kalium $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{C} \cdot \text{C}_6\text{H}_5$ bewiesen.



Gegen Sauerstoff sind auch die Metallketyle sehr empfindlich. Die Peroxyde lassen sich indes nicht erhalten, da sie gleich in Keton + Natriumperoxyd zerfallen; z. B.:



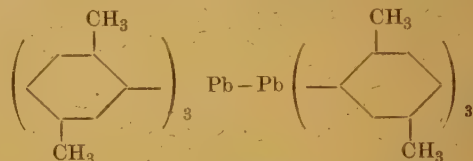
Behandelt man Metallketyle mit überschüssigem fein verteilten Natrium, so entstehen die ebenfalls intensiv gefärbten Verbindungen vom Typus des Benzophenon-dinatrium



19. Die Elemente *Silicium*, *Zinn* und *Blei*, welche in der Kohlenstoffgruppe des periodischen Systems stehen, bilden *keine* dem Triphenylmethyl analogen Radikale.

Die Siliciumverbindung $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Si} - \text{Si}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ wurde von *Schlenk* (33) dargestellt; sie ist sehr beständig und scheint *nicht* zu dissoziieren.

Auch die von *E. Krause* (34) dargestellten Verbindungen $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Sn} - \text{Sn}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ und



dissoziieren *nicht* in Radikale mit dreiwertigem Zinn bzw. Blei und sind recht beständige Substanzen.

(Schluß folgt.)

Besprechungen.

Classen, Alexander, Handbuch der analytischen Chemie. II. Teil. Quantitative Analyse. Siebente vermehrte Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1920. VIII, 580 S. und 56 Abbildungen. Preis M. 72,—.

Die siebente Auflage dieses bestens bekannten Werkes bedarf im einzelnen kaum noch einer näheren Besprechung. — Die quantitative chemische Analyse ist eine eminent praktische Wissenschaft und ihre Darstellung muß in erster Linie dem praktischen Bedürfnis Rechnung tragen, d. h. es ist durchaus überflüssig, daß die Scheidung aller möglichen ausgeklügelten Kombinationen von Elementen besprochen wird, sondern die Auswahl ist zweckmäßig nach dem Gesichtspunkte der Verwendbarkeit zu treffen. Hieraus ergibt sich, daß die einzelnen Trennungen am besten in Form von praktischen Beispielen behandelt werden, die alle wichtigen, häufiger vorkommenden Fälle um-

fassen, während analytische Methoden ganz spezieller Industriezweige besser eine monographische Sonderbehandlung erfahren. Wichtiger noch wie die Auswahl des Stoffes ist natürlich die der Methoden. Hier ist eine durch Literaturkenntnis und lange persönliche Erfahrung geschärfte Kritik vonnöten, die das Bewährte und Brauchbare vom Minderwertigen zu scheiden weiß. Nach diesen beiden Richtungen hin ist das Werk von *Classen* durchaus vorbildlich. Es enthält eine Fülle nützlicher Beispiele, dem praktischen Bedürfnis angepaßt, unter Berücksichtigung alles Wesentlichen, auch vieler seltenerer Elemente, die heute nicht nur den wissenschaftlichen Chemiker, sondern auch den Techniker interessieren. Auch die kritische Auswahl der Methoden verrät überall den kundigen Führer, der in langjähriger Erfahrung sich ein gereiftes Urteil bilden konnte. Daß das Buch mehr den Charakter eines Lehrbuches als den eines umfassenden Handbuches hat, ist durchaus ein Vorzug. Es eignet sich nach Umfang und Anordnung in hohem Grade für den Unterricht im Hochschullaboratorium und steht mit an der Spitze aller Lehrbücher, die für diesen Zweck in Deutschland benutzt werden. Vom didaktischen Standpunkte aus mag man es bedauern, daß die Maßanalyse von der Gewichtsanalyse nicht räumlich getrennt ist, sondern daß die volumetrischen Methoden an passenden Stellen eingefügt sind. Wenn dies aber ein Nachteil ist, so wird er doch ausgeglichen durch die ausgezeichnete gründliche Behandlung, die gerade diese Methoden erfahren haben. Freilich ist der sehr hohe Preis einer weiteren Verbreitung des Buches im Kreise der Studierenden nicht eben günstig. Wer über das in diesem Buche Gebotene hinaus eingehendere Auskunft über speziellere Verfahren der analytischen Chemie zu erhalten wünscht, wird sich mit Erfolg an desselben Verfassers umfassenderes Werk, die „Ausgewählten Methoden der analytischen Chemie“ wenden. *R. J. Meyer, Berlin.*

Ostwald, Wilhelm, Grundriß der allgemeinen Chemie. 6. Auflage. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1920. XVI, 647 S. und 69 Textfiguren. Preis geh. M. 30,—; geb. M. 35,—.

Es genügt das Erscheinen der 6. Auflage dieses klassischen Lehrbuches anzuzeigen, um so mehr, als die neue Auflage ein unveränderter Abdruck der vorhergehenden vom Jahre 1916 ist. Die unerwartet schnell an Verfasser und Verleger herantretende Notwendigkeit der Herstellung dieses Abdruckes beweist am besten, welche hervorragende Bedeutung diesem Werke auch heute beigemessen wird, das einst die Lehren der physikalischen Chemie und ihre wichtigsten Ziele mit der dem Verfasser eigenen Originalität zum ersten Male weiteren Kreisen zugänglich machte und damit zur Verbreitung und Pflege dieses Wissenschaftszweiges die wirksamste Anregung gegeben hat. *R. J. Meyer, Berlin.*

Michaelis, Leonor, Praktikum der physikalischen Chemie, insbesondere der Kolloidchemie für Mediziner und Biologen. Berlin, Julius Springer, 1921. VII, 160 S. und 32 Textabbildungen. Preis M. 26,—.

Es schien mir bisweilen als ein schönes Ziel, ein Laboratorium einzurichten, in dem die Verfahren und Anschauungen der physikalischen Chemie und namentlich der Kolloidchemie rein in den Dienst biologischer und medizinischer Fragen gestellt würden. Dies ausgezeichnete kleine Buch von *Michaelis* entspricht nun schon fast völlig dem Praktikum, das man den in einem solchen Laboratorium sich Einarbeitenden zur Hand geben würde. Eine Fülle anschaulicher Versuche und

handlicher Meßverfahren werden beschrieben, und dabei weist der Verfasser darauf hin, daß er eine Reihe wichtiger Methoden noch nicht gebracht habe, deren Verwendung schon nützlich gewesen ist oder doch aussichtsvoll erscheint. In zwei grundsätzlichen Punkten scheint mir der Verfasser eine Auffassung zu vertreten, die sich fraglos als richtig und fruchtbringend allgemein durchsetzen wird. Einmal, daß so gut wie stets die Konzentration der H-Ionen zu berücksichtigen ist, und daß man, namentlich bei hydrophilen Solen, immer in Puffergemischen bei konstanter H-Ionkonzentration das Verhalten der betreffenden Erscheinung prüfen sollte. Dann, daß im Organismus jene lockeren Bindungen, die man als Adsorption bezeichnet, eine überaus wichtige Rolle spielen.

Es schiene mir erwünscht, wenn sich der Verfasser etwas schärfer und kritischer gegenüber der gewöhnlichen Messung der Zähigkeit im Ostwaldschen Viskosimeter ausspräche. Dies Verfahren genießt eine Verbreitung, die bei hydrophilen Solen bedenklich ist. Es scheint nach den neueren Untersuchungen von *W. R. Heß, Rothlin, Hatschek* u. a. sicher zu sein, daß für viele hydrophile Sole das Poiseuillesche Gesetz bei den gewöhnlichen Druckgefällen nicht gilt. Man mißt also mit dem Viskosimeter nicht die wahre Zähigkeit, sondern eine schlecht gekennzeichnete Größe, die sich aus der Zähigkeit und der Verschiebungselastizität der Sole zusammensetzt; erst bei höheren Druckgefällen kommt die Zähigkeit allein zur Geltung. Es sollte also entweder die Heßsche Verbesserung des Viskosimeters benutzt werden, bei der unter höheren Druckgefällen gearbeitet wird, oder das von *Hatschek* abgeänderte Verfahren von *Couette*, mit dem man die Zähigkeit bei beliebiger, bekannter Schergeschwindigkeit bestimmen kann.

Man begegnet manchmal der Meinung, daß die großen Erfolge der Medizin in den letzten Jahren, etwa das Auffinden des Salvarsans, doch ganz unabhängig von diesen kolloidchemischen oder physikalisch-chemischen Grundanschauungen erzielt worden sind. Aber recht ähnliche Urteile konnte man über die technische Bedeutung der physikalischen Chemie fällen hören, bis die Gewinnung des Ammoniaks aus dem Luftstickstoff sie zum Schweigen brachte. Es ist wohl nur eine Frage der Zeit, vielleicht einer kurzen Zeit, daß auch irgendeine therapeutisch wichtige Maßnahme oder ein besonders wirksames Heilmittel gefunden wird auf Grund der vertieften und verbreiterten Einsicht in das Wesen biologischer Vorgänge.

H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Moeller, Max, Das Ozon, eine physikalisch-chemische Darstellung. Sammlung Vieweg. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 52. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1921. VIII, 155 S. und 32 Textfiguren. Preis geh. M. 12,— und Teuerungszuschlag.

Das Ozon bietet in mannigfachster Hinsicht dem Physiker und Chemiker ein ganz ungewöhnliches wissenschaftliches Interesse. Seine Isomeriebeziehung zum zweiatomigen Sauerstoff, seine Bildung und sein Zerfall unter Einwirkung thermischer, elektrischer und photochemischer Energie, die Reaktionskinetik dieser Vorgänge, die Vielgestaltigkeit seiner physikalischen Eigenschaften, seine chemischen Wirkungen und ihre Beziehungen zu Konstitutionsfragen (Autoxydation, Superoxyde, Ozonide organischer Stoffe), schließlich seine technische Darstellung und Verwertung, alle diese vielfachen Erscheinungen und Vorgänge haben die Forschung zu bedeutungsvollen Untersuchungen angeregt.

die in neuerer Zeit zu besonders schönen Ergebnissen geführt haben, weil einerseits die technische Entwicklung der zur Ozoneerzeugung dienenden Apparate die Verwendung hochkonzentrierter Ozongasgemische ermöglichte und andererseits die ungeheuren theoretischen Fortschritte in der Physik und der physikalischen Chemie eine tiefergehende Problemstellung und fruchtbarere Auswertung der experimentellen Ergebnisse gestatteten.

Der Verfasser der vorliegenden Monographie, die das Ozon vorwiegend vom *physikalischen* Standpunkte aus betrachten will, physikalischer Chemiker bei der Siemens & Halske Aktiengesellschaft, hat durch eigene Arbeiten lebhaften Anteil an der Entwicklung des von ihm behandelten Gebietes genommen und diese Vertrautheit mit seinem Gegenstande, die überlegene geistige Beherrschung desselben kommt überall auf das vorteilhafteste zur Geltung. Wir haben es hier nicht mit einer der landläufigen Kompilationen zu tun, deren höchster Ehrgeiz die lückenlose Vollständigkeit ist, sondern mit einer im besten Sinne des Wortes wissenschaftlich-kritischen, von großen Gesichtspunkten getragenen und deshalb lebhaft anregenden Darstellung, die überall die Grundfragen der theoretischen Physik und Chemie berührt, die heute die Forschung vorzugsweise bewegen. Diese Monographie ist ein schönes Beispiel dafür, in wie hohem Maße die wissenschaftliche Durcharbeitung eines so merkwürdigen Stoffes, wie des Ozons, das als wohldefiniertes, aber labiles gasförmiges Isomeres eines Elementargases eine vereinzelt Stellung einnimmt, zur Prüfung und Förderung wichtiger allgemeiner Fragen beitragen kann.

Besonders hingewiesen sei noch auf den Abschnitt, der von der technischen Darstellung des Ozons und den Ozonisatoren handelt, die sämtlich mit stiller elektrischer Entladung nach dem Prinzip der zuerst von W. v. Siemens angegebenen Ozonröhre arbeiten. Ihre technische Verwendung ist vorläufig fast ausschließlich auf die Wassersterilisation und den Betrieb von Lüftungsanlagen beschränkt.

Nach der chemischen Seite wird die Darstellung des Verfassers ergänzt durch das früher erschienene Buch von E. Fournier: „Das Ozon“. (Chemie in Einzeldarstellungen Bd. IX, Stuttgart 1916.)

R. J. Meyer, Berlin.

Brigl, P., Die chemische Erforschung der Naturfarbstoffe. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1921. VI, 208 S. und 2 Spektraltafeln. Preis geh. M. 14,—, geb. M. 17,20, plus Teuerungszuschlag.

Die Chemie der natürlichen Farbstoffe ist in musterhafter und erschöpfender Weise von H. Rupe 1900 und 1909 behandelt worden (vergl. auch den Artikel des Biochemischen Handlexikons Bd. VI „Die Farbstoffe der Pflanzen- und Tierwelt“, 1911). Die älteren Arbeiten nochmals etwa in anderer Form zusammenzufassen, lag kein Bedürfnis vor, aber die letzten 10 Jahre haben eine solche Fülle von neuen gebracht, daß es sehr wünschenswert war, einen Überblick über das gesamte Gebiet zu haben. Verfasser hat sich dieser Aufgabe in dankenswerter Weise mit Geschick unterzogen und dabei von den früheren Untersuchungen mit Recht nur die wichtigsten Ergebnisse gebracht. Etwa ein Drittel des Werkes nimmt die Besprechung der neuen glänzenden Arbeiten von Willstätter über die Blüten- usw. Farbstoffe (Anthocyane) sowie über das Chlorophyll und die sog. Carotinoide ein. Ferner die Aufklärung der Schilddausfarbstoffe, der Kermes- und Carminsäure durch Dimroth, und ver-

schiedene neuere Untersuchungen über Blutfarbstoffe. Verfasser hat sich nicht auf bloße Wiedergabe der Arbeiten beschränkt, sondern auch die Beziehungen der einzelnen Farbstoffgruppen zueinander (Blut- und Chlorophyllfarbstoffe, Flavonderivate und Anthocyane u. a. m.) klar herausgearbeitet. Warum der gegenwärtig bei weitem wichtigste aller natürlichen Farbstoffe, das *Hämatocyanin* des Blauholzes, nicht besprochen wurde (vgl. S. 130), ist nicht recht einzusehen. Seine Konstitution ist durch die schönen Arbeiten von W. H. Perkin ebenso sichergestellt, wie die der meisten anderen Farbstoffe. Daß es in der Pflanze zunächst als Leukoderivat vorkommt, ist kein Grund, es von den Farbstoffen auszuschließen. Beim Indigo-blau und Schneckenpurpur liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Auch der jetzt aufgeklärte Farbstoff der Curcumawurzel und das Berberin hätten ihrer eigenartigen chemischen Zusammensetzung wegen ohne Belastung des Buches aufgenommen werden können, während andererseits die Rhabarber- und Aloeprodukte der Anthracenreihe als von rein pharmazeutischem Interesse eine kürzere Behandlung vertragen hätten.

P. Friedlaender, Darmstadt.

Georgievicz, Georg, Kurzgefaßtes Lehrbuch der Farbenchemie. Leipzig und Wien, Fr. Deuticke, 1921. VII, 209 S. Preis M. 25,—.

Verfasser hat „für den Schulunterricht“ die letzte 1913 von E. Grandmougin besorgte Auflage seines Lehrbuchs der Farbenchemie auf ca. $\frac{1}{3}$ reduziert, ohne an der herkömmlichen Anordnung des Stoffs oder der Art der Darstellung, abgesehen von ganz geringfügigen Abweichungen, etwas zu ändern. Zu sachlichen Bemerkungen gibt das Werk daher kaum Anlaß. Eher könnte man fragen, ob für einen derartigen Extrakt ein Bedürfnis vorlag — wenigstens an deutschen Hochschulen. Bei der leider notwendigen Spezialisierung des Chemiestudiums kann man beispielsweise von einem anorganischen oder physikalischen Chemiker kaum mehr Kenntnisse von organischen Farbstoffen verlangen, als sie das allgemeine Kolleg über organische Chemie oder die gangbaren Lehrbücher vermitteln. Für den organischen Chemiker enthält das Buch aber zu wenig. Schon die Vorlesungen über Farbenchemie, die an keiner deutschen Hochschule fehlen, bringen mehr. Auch als Anregung zu weiterem Selbststudium dürfte es sich nicht sehr eignen. Es bietet dafür zuviel abgeschlossenes, fertiges Material, dagegen kaum Hinweise auf ungelöste Probleme, an denen es in der Farbenchemie wahrlich nicht fehlt, keine Literatur-nachweise usw. In dieser Hinsicht darf man mehr erwarten von der 5. Auflage des ursprünglichen Werks, dessen baldiges Erscheinen Verfasser in Aussicht stellt.

P. Friedlaender, Darmstadt.

Mieleitner, K., Die technisch wichtigen Mineralstoffe, mit einem Vorwort von P. Groth. München und Berlin, R. Oldenburg, 1919. IV, 195 S. und 9 Abbildungen. Preis M. 15,50.

Dieser Schrift liegt die vortreffliche Idee zugrunde, über die Art des Vorkommens, die Bildung und die Verbreitung der technisch wichtigen Mineralien kurze aber erschöpfende Auskunft zu geben. Eine solche Darstellung kann, besonders für den technischen Chemiker und den Hüttenchemiker, von höchstem Nutzen sein, denn die natürlichen mineralischen Rohstoffe, die die Industrie verarbeitet, werden immer mannigfaltiger, ihre über die Erdoberfläche verstreuten Fundstätten immer unübersehbarer, so daß eine kurzgefaßte und von wissenschaftlichem Standpunkte aus bearbeitete Übersicht über die Lagerstätten nutzbarer

Mineralien heute als ein wirkliches Bedürfnis erscheint.

In einer knappen Einleitung werden die geologischen Grundlagen der Bildung der Mineralien elementar, klar und anschaulich behandelt, worauf im Hauptteile die einzelnen Elemente, nach dem periodischen System geordnet, folgen, auf deren Gewinnung es ankommt. Dem Verfasser ist es zweifellos gelungen, das außerordentlich umfangreiche Material auf verhältnismäßig kleinem Raume wohl geordnet, und dem Stande der geologischen Forschung entsprechend wiederzugeben, aber der Chemiker wird sich dem Eindrucke nicht ganz entziehen können, daß die Darstellung etwas einseitig die geologischen Fragen bevorzugt und die chemisch-technischen zurücktreten läßt. Zum Teil liegt dies wohl an der vom Verfasser vorzugsweise gewählten Disposition des Stoffes nach geologischen und topographischen Gesichtspunkten, die die technisch wichtigen Fundstätten und ihre wirtschaftliche Bedeutung nicht immer genügend hervortreten läßt, ein Umstand, der im Hinblick auf den rein qualitativ beschreibenden Charakter des Buches, das absichtlich alle statistischen Angaben vermeidet, gewiß einige Beachtung verdient. Gegenüber der meist vorzüglichen und erschöpfenden Darstellung des Vorkommens der *Hauptelemente* ist dem Berichtersteller die vielfach stiefmütterliche Behandlung der *selteneren Elemente* aufgefallen, die zum Teil eine ganz erhebliche technische Bedeutung gewonnen haben. Ganz unzulänglich ist der allzu kurze Abschnitt über die *selteneren Erden*, S. 135, mit der irrtümlichen Angabe, der Monazit enthalte in seinem Molekül nur Cer. Die ungeheure wirtschaftliche Bedeutung des Monazit-sandes wird kaum angedeutet, die sehr wichtige und ergiebige Fundstätte in Südindien (Travancore) kommt nicht zur Geltung. Die interessanten und technisch wichtigen Vorkommen von *Zirkonerde* in Brasilien (S. 138) werden in einigen belanglosen Zeilen abgetan. Ähnlich steht es beim *Uran* mit der Erwähnung des Carnotits (S. 157). Die Erwähnung des *Radiums* (S. 109) in der einen Zeile: „Das Radium begleitet in ganz geringer Menge das Uran auf seinen Lagerstätten“, erscheint unbefriedigend. Schließlich möchte der Berichtersteller den Vorschlag machen, den einzelnen Mineralien die chemischen Formeln beizufügen, die beim praktischen Gebrauche des Buches die Übersicht und das Verständnis erleichtern würden.

Im ganzen genommen handelt es sich sicherlich um ein sehr beachtenswertes und nützliches kleines Werk, dessen unbestreitbare Vorzüge aber noch mehr hervortreten würden, wenn die etwas einseitig geologische Orientierung durch einen etwas stärkeren chemischen Einschlag, durch schärfere Betonung technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte ins Gleichgewicht gebracht werden könnte.

R. J. Meyer, Berlin.

Groth, P., und K. Mieleitner, Mineralogische Tabellen. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1921. 176 S.

Preis geb. M. 30,50; geb. M. 34.—

Der erste, umfangreichere Teil dieses Werkes ist hervorgegangen aus Groths „Tabellarische Übersicht der Mineralien, nach ihren kristallographisch-chemischen Beziehungen geordnet“, deren letzte Auflage 1898 erschienen ist. Die frühere Reihenfolge der Mineralien wurde — unter Einfügung der inzwischen neu aufgefundenen — beibehalten, dagegen hat der Text eine den jetzt geltenden chemischen Anschauungen entsprechende Umgestaltung erfahren. Die Gruppierung der Mineralien erfolgt in der Hauptsache nach ihrer chemischen Zusammensetzung, während die kristallo-

graphischen Eigenschaften erst in zweiter Linie berücksichtigt werden. Von jedem Mineral ist außer der chemischen Formel — und ev. der Konstitutionsformel — nur das Kristallsystem (mit den Achsenverhältnissen) angegeben. Diese knappe Charakteristik findet eine Ergänzung in dem zweiten Teil, den „Tabellen zum Bestimmen der wichtigeren Mineralien nach äußeren Kennzeichen“. Hier sind außer der Härte, die die Haupteinteilung liefert, noch Farbe, Strich, Glanz und ähnliche zur Bestimmung verwendbare Kennzeichen mitgeteilt; daneben sind auch Kristallsystem und -habitus, Spaltbarkeit usw. berücksichtigt sowie die wichtigsten Begleitmineralien aufgezählt. — Den Studierenden der Mineralogie wird das Groth-Mieleitnersche Buch beim Durcharbeiten der Vorlesung und bei Wiederholungen von Nutzen sein; Sammlern und Liebhabern wird es nicht nur zum Bestimmen der Mineralien, sondern auch als kleines Nachschlagewerk gute Dienste leisten. Da eine Anzahl von öffentlichen und privaten Sammlungen nach der „Tabellarischen Übersicht“ geordnet sind, so wäre den Sammlungsleitern zu empfehlen, die Seiten dieses Buches aufgezogen an den entsprechenden Stellen der Sammlungsschränke aufzuhängen, um den Benutzern der Sammlungen eine schnelle und gründliche Orientierung zu ermöglichen.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Schmidt, Harry, Probleme der modernen Chemie in allgemeinverständlicher Darstellung. Paudereien über Arbeiten von *Aston, Curie, Fajans, Kossel, Rutherford, Soddy* und anderen Forschern. Hamburg, Friedrichsen & Co., 1921. 148 S. und 9 Abbildungen im Text. Preis M. 15.—

Die neueste Entwicklung der Physik und Chemie hat uns eine Fülle von Versuchen beschert, die darauf ausgehen, die Errungenschaften der modernen Forschung einem weiteren Kreise nicht speziell vorgebildeter Leser zugänglich zu machen. Der betriebsame Eifer, der sich hier offenbart, die Sucht nach Popularisierung, die den Ergebnissen der Wissenschaft gar nicht schnell genug folgen zu können meint, hat etwas Bedenkliches. Die besondere Schwierigkeit einer gemeinverständlichen Darstellung gerade dieser Materie liegt, wie mir scheint, einmal darin, daß es fast unmöglich ist, dem Laien eine zutreffende Vorstellung von den inneren Zusammenhängen dieser Dinge zu geben, die zu ihrer wirklichen Erfassung einen Aufwand von Denkarbeit erfordern, der ohne Übung und tiefere Vorkenntnisse nicht geleistet werden kann. Es liegt also bei allen solchen in usum delphi zugestutzten Versuchen die Gefahr einer Verflachung vor, weil der Leser vieles und vielleicht das Wichtigste auf Treu und Glauben hinnehmen muß, eine Gefahr, der selbst die größte Kunst der Darstellung kaum wird entgehen können. Dazu kommt, daß ein gut Teil der modernen Anschauungen in Physik und Chemie sich noch in lebendigstem Flusse befindet. Es fehlt also noch in vieler Beziehung die Möglichkeit, abschließend zu berichten, und so wird die volkstümliche Darstellung, die ihrer Natur nach kritiklos vorgeht und immer geneigt ist, alles Neue als der Weisheit letzten Schluß zu preisen, leicht ein schiefes Bild von dem Stande der Fragen entwerfen, die in der Wissenschaft gerade Gegenstand der Diskussion sind.

Der Verfasser des vorliegenden Buches zeigt — das sei zunächst rühmend hervorgehoben — eine bemerkenswerte Kunst der Darstellung, der es wohl gelingt, Ergebnisse der Forschung auch dem unvorbereiteten Leser klar und verständlich zu machen, nicht so immer die Zusammenhänge und Entwicklungen, die zu diesen

Ergebnissen führen. Es liegt dies offenbar in der oben-erwähnten Schwierigkeit, die vielleicht gar nicht überwunden werden kann. Der Verfasser beginnt mit einer phantasievollen Einleitung: „Alchimistenträume“. Plauderstündchen am offenen Kaminfeuer, heulender Wind, Sternenhimmel, Fabelwesen, Faustverse, ahnungsvolles Aufdämmern der Vergangenheit usw. Solche Stimmungsmalerei tritt mehrfach auf; sie paßt sehr wenig zu dem sachlichen Tone des Ganzen und wirkt einigermaßen trivial. Der Verfasser, der es sehr wohl versteht, klar und einfach zu schreiben und dem gelegentlich gute Bilder und Vergleiche zur Verfügung stehen, sollte auf solche stilwidrigen Ornamente verzichten. Von der Goldmacherkunst führt uns ein kühner Sprung zur Radioaktivitätslehre, die in den beiden nächsten Abschnitten eine durchaus gelungene, sachgemäße Wiedergabe findet. Es ist dies eben ein nahezu abgeschlossenes Gebiet, dessen historische Darstellung dem Verständnis nicht allzu große Schwierigkeiten bietet. Dagegen zeigt sich im nächsten Abschnitt: „Das chemische Atom als Sonnensystem“ die erwähnte Schwäche populärer Darstellung, die auf die wichtigsten Quellen der Erkenntnis verzichten muß, um nur einen leicht gangbaren Weg einschlagen zu können. So ist bei der Erläuterung des Ionenbegriffs nur von Arrhenius, nicht aber von Faraday die Rede, und die Theorie der elektrolytischen Dissoziation muß dem Unkundigen nach der Schilderung des Verfassers als ein recht hypothetisches Gedankengebilde erscheinen. Noch unbefriedigender ist infolgedessen die Einführung des Elementarquantums mit den Worten: „Da nun die chemischen Elemente in Form von Atomen in Verbindungen eingehen, so liegt der Gedanke nahe, auch auf die Elektrizität die Atomtheorie auszudehnen und die Ladung des Wasserstoffions als ein Atom der positiven, die Ladung des Chlorions dagegen als ein Atom der negativen Elektrizität anzusehen. Diese Auffassungsweise hat sich glänzend bewährt, und wir werden daher fortan von positiven und negativen Elementarquanten als den Atomen der positiven und negativen Elektrizität sprechen.“ Ähnlich in dem folgenden Kapitel: „Die Natur der Valenzkräfte“, das zwar mit einer gutgeschriebenen Einführung in das periodische System beginnt, dann aber zur Ordnungszahl übergehend die wichtigsten Zusammenhänge vermissen läßt. Hier wird der Leser mit einer Flut von neuen nicht abgeleiteten Begriffen überschüttet, mit denen er sicherlich wenig anzufangen weiß. Man muß billig bezweifeln, daß er, beim Bohrschen Atommodell angelangt, eine einigermaßen klare Vorstellung von der Bedeutung dieser Dinge gewonnen haben wird. Es zeigt sich eben auch hier, daß der Anspruch, den der Verfasser in seinem Vorwort erhebt: „nicht fertige Erkenntnisse zu übermitteln, sondern sie in ihrem Werden an dem geistigen Auge vorüberziehen zu lassen“, im Rahmen einer „Plauderei“ nicht erfüllbar ist. Weiterhin findet sich folgender irreführender Satz: „Um für die chemische Affinität, die als Ursache des Zusammenhaltens der Atome zu Molekülen angesehen wird, einen zahlenmäßigen Ausdruck zu gewinnen, hat man den Begriff der Valenz oder Wertigkeit eingeführt.“ Nein, der zahlenmäßige Ausdruck, d. h. das Maß der chemischen Affinität ist die „maximale äußere Arbeit“! Ob die Erörterung der Vorstellungen von Stark und von Kossel, in der dieser Abschnitt gipfelt, geeignet ist, bei dem Leser ein lebendiges Interesse für diesen Gegenstand zu erwecken, muß bezweifelt werden. Es sind dies Probleme, deren Sinn und Bedeutung doch nur der Fachmann würdigen kann, weil ihre Beurteilung eine ganz intime

Kenntnis eines umfassenden chemischen und physikalischen Tatsachenmaterials voraussetzt. Dagegen erscheint mir der nun folgende Abschnitt: „Was ist ein chemisches Element“, durch Einfachheit und Klarheit der Darstellung bemerkenswert. Schließlich das letzte Kapitel: „Aus der Chemie des Billionstel Milligramms“, der sich auf 12 Seiten mit den Arbeiten von Paneth über die Metallwasserstoffe beschäftigt. Man mag diese Untersuchungen des Hamburger Forschers noch so hoch stellen, so fragt es sich doch, ob die Ausführlichkeit, mit der sie hier behandelt werden, mit dem Plane des ganzen Buches im Einklang steht. Ich habe das Gefühl, daß es andere „Probleme der modernen Chemie“ gibt, die dem Verständnis und dem Interesse weiterer Kreise näher liegen und deren volkstümliche Behandlung wertvoller und fruchtbarer sein könnte, nämlich die mit dem lebendigen Leben der Gegenwart zusammenhängenden Fragen chemisch-wirtschaftlicher, technischer, biologischer Natur. Es erschien mir als ein Verdienst, wenn der Herr Verfasser seine unleugbar große Begabung einmal in den Dienst dieser Aufgabe stellen wollte.

R. J. Meyer, Berlin.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die Erörterung des Uhrenparadoxons in der Relativitätstheorie.

Herr Thirring will von neuem¹⁾ meine Ausführungen über das Uhrenparadoxon entkräften. Ich bemerke dazu folgendes:

1. In meinem Beispiel zweier Uhren A und B, welches Herr Thirring angegriffen hat²⁾, werden zwei räumlich benachbarte Uhren A und B oder zwei räumlich benachbarte Systeme von Uhren betrachtet. Dies ist leicht durch Nachlesen in meinen Schriften³⁾ zu ersehen. Die Vergleiche der Zeitangaben und meine Folgerung, daß vom Boden der Relativitätstheorie aus sowohl die Uhr A gegen die Uhr B, wie auch die Uhr B gegen die Uhr A nachgehen müsse, bezogen sich auf räumlich unmittelbar benachbarte Lagen der Uhren. Hiervon abweichend hat Herr Thirring den Fall von Zeitangaben zwischen räumlich nicht benachbarten Uhren erörtert, also einen anderen Fall⁴⁾ als den von mir betrachteten. Diesen Fall von Zeitangaben zwischen räumlich nicht benachbarten Uhren im einzelnen hier zu analysieren, besteht für mich um so weniger Anlaß, als Herr Thirring erklärt: „Ich würde mich der Meinung des Herrn Gehrcke anschließen, wenn es sich um Uhren handelte, die räumlich unmittelbar benachbart sind, denn dann käme die genannte Aussage tatsächlich in Konflikt mit dem logischen Satz vom Widerspruch.“ Also darf ich feststellen, daß bezüglich des Beispiels räumlich benachbarter Uhren zurzeit keine Meinungsverschiedenheit mehr zwischen Herrn Thirring und mir besteht, und es ist erfreulich, daß es immerhin möglich war, mit einem Anhänger der Relativitätstheorie über die Frage des Vorhandenseins eines logischen Widerspruches in den Fundamenten der Theorie sich soweit zu verständigen.

¹⁾ Diese Zeitschrift 1921, S. 482.

²⁾ Ebenda, S. 209.

³⁾ Z. B. diese Zeitschrift 1913, S. 62.

⁴⁾ Übrigens setzt auch Herr Thirring die Zulässigkeit von Vergleichen zwischen räumlich benachbarten Uhrenstellungen voraus; es entfallen damit alle Bedenken des Herrn Thirring, auch die betreffend die Wahl des Koordinatensystems.

2. Herr *Thirring* ist der Meinung, die Urteile
Uhr A geht gegen Uhr B nach,
Uhr A geht gegen Uhr B vor
seien „vom Typus“ der von ihm aufgestellten Sätze:
„Berlin liegt rechts von Spandau,
Berlin liegt links von Spandau.“

Hierzu ist folgendes zu sagen: Die Begriffe rechts und links enthalten in sich die Beziehung auf einen räumlichen Standpunkt, und deshalb kann, je nach diesem willkürlich eingenommenen Standpunkte, die eine Stadt rechts von der anderen oder auch links von der anderen liegen. Während aber die beiden Sätze mit den Städten Berlin und Spandau sich auf räumliche Verhältnisse beziehen, kennzeichnen die Sätze mit den Uhren A und B zeitliche Verhältnisse. Weil Herr *Thirring* meint, beide Satzpaare wären vom gleichen Typus, so scheint hervorzugehen, das er die von vielen Anhängern der Relativitätstheorie für richtig gehaltene Ansicht teilt, Aussagen über räumliche Verhältnisse seien solchen über zeitliche Verhältnisse logisch gleichwertig. Aber diese Ansicht ist nicht aufrecht zu erhalten. Dies sieht man z. B. ein, wenn man das angeführte *Thirringsche* Beispiel über Berlin und Spandau ins Zeitliche überträgt, man würde dann etwa das Satzpaar bilden:

Goethe lebte nach Sokrates,

Goethe lebte vor Sokrates.

Hieran sieht jeder, daß es nicht sinnvoll ist zu behaupten, die erste dieser Aussagen bestehe ebenso wie die zweite, je nach dem eingenommenen relativen Standpunkt, zu recht, und es enthielte das Satzpaar keinen logischen Widerspruch. — Bei der Zeit der Physik ist eine Vertauschbarkeit der Standpunkte, wie bei rechts und links, oder oben und unten im Raum, undurchführbar. Auch ist es physikalisch undurchführbar, Uhrenzeigerstellen eines Systems, die in der bekannten Weise mit Hilfe von Lichtsignalen gewonnen werden, als „gleichzeitige“ zu definieren. Es ließe sich noch verschiedenes über die von Herrn *Thirring* gemachten Bemerkungen sagen, aber es ist wohl genügend deutlich geworden, daß das Uhrenparadoxon ein Mittel dafür abgibt, um die erkenntnistheoretischen Grundlagen zu erfassen, welche für die Relativitätstheorie kennzeichnend sind.

Berlin-Lichterfelde, den 19. Juni 1921.

E. Gehrcke.

Erwiderung hierzu.

Ich überlasse gerne Herrn *Gehrcke* das letzte Wort und schließe die Diskussion mit der Bemerkung, daß manche der hier angeschnittenen Fragen in meinem demnächst erscheinenden Buche über „Die Idee der Relativitätstheorie“ behandelt werden. Insbesondere wird dort dargelegt, daß es auch dem Relativisten nicht einfallen wird, Satzpaare, wie

Goethe lebte nach Sokrates,

Goethe lebte vor Sokrates,

als miteinander verträglich zu betrachten.

Wien, den 23. Juni 1921.

H. Thirring.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 7. Mai 1921 sprach Hauptmann Ritter v. *Nidermayer* über seine Reisen in Persien und Afghanistan. Iran ist ein von steilen Randgebirgen umschlossenes Hochland, das eine sehr wechselvolle Geschichte hinter sich hat, weil es seit Jahrtausenden das Durchgangsland für Handelskarawanen und Eroberungszüge gewesen ist, durch welche das Abendland mit dem Süden und Osten Asiens in

Verbindung kam. Der Nordrand des Plateaus ist eine westliche Fortsetzung des Hindukuschgebirges, die erst nach Westen, dann, an der Nordgrenze Persiens, nach Nordwesten bis zur Ostküste des Kaspischen Meeres verläuft und, jenseits desselben wieder auftauchend, in dem Kettengebirge des Kaukasus weiterziehend sich nach Europa hinein erstreckt. Ein Zweig dieses gewaltigen Gebirges umgeht in einem Bogen das Südufer des Kaspischen Meeres, wobei die größte Höhe im Elbursgebirge durch den 5670 m hohen Demavend erreicht wird, und vereinigt sich dann mit den Ketten, die das armenische Gebirgsland im persisch-türkisch-russischen Grenzgebiet erfüllen. Ein anderes, in zahlreiche büschelförmig auseinanderlaufende Einzelketten sich auflösendes Gebirgssystem zweigt vom Hindukusch zunächst nach Süden ab und bildet den Abfall des Iranischen Hochlandes gegen die vom Indus durchflossene Tiefebene des nordwestlichen Indien. Dann biegen die Ketten nach Westen um und laufen längs der Nordostküste des Persischen Golfes, allmählich nach Nordwesten schwenkend, ebenfalls in das armenische Hochland aus. Parallel dazu verlaufen im Innern von Iran zentrale Ketten, und schließlich wird das ganze Gebiet durch ein nord-südlich streichendes Gebirge in eine westliche und eine östliche Hälfte geteilt. Dieser morphologischen Zweiteilung entspricht auch die politische, Persien im Westen, Afghanistan und Belutschistan im Osten. Über die Gebirgsketten führen zahlreiche Pässe, die z. T. in der Geschichte, insbesondere der Züge Alexanders des Großen, eine hervorragende Rolle spielen. In politisch-geographischer Beziehung ist am wichtigsten der Khaibarpaß, der von der afghanischen Hauptstadt Kabul dem gleichnamigen, zum Indus strömenden Flusse folgend, die Eingangspforte nach Britisch-Indien darstellt und deshalb von den Engländern durch starke Befestigungen gesichert ist.

So steil nun aber diese Randgebirge nach außen hin abfallen, so sanft flachen sie sich nach den inneren Beckenlandschaften ab, die mit mächtigen Ablagerungen von Verwitterungsschutt erfüllt sind, aus denen die Gebirge, die ihn lieferten, wie Inseln hervorragen.

Das Klima entspricht dieser Bodenkonfiguration und prägt sich andererseits auch in den Landschaftsformen aus, die hauptsächlich von der Verwitterungstätigkeit, herausmodelliert sind. Trockenheit und schroffe Temperaturextreme sind die hervorstechendsten klimatischen Besonderheiten. Einen großen Teil des Jahres hindurch weht ein heißer, aus der turanischen Steppe im Norden kommender Wind, der sogenannte 120-Tage-Wind, über das Land, der besonders stark im Innern wütet.

Kulturland findet sich bei den großen Städten und in den Oasen, die jedoch in hohem Maße von der Wasserzufuhr abhängig sind und daher häufig Veränderungen erleiden bzw. völlig eingehen müssen, wenn das Wasser versiegt oder versalzt. Mit Ausnahme der wenigen Flüsse, welche die Randgebirge durchbrechen, und von denen nur der Karun im Südwesten in seinem Unterlaufe schiffbar ist, versiegen alle Flüsse im Sande oder in abfließenden und daher salzigen Seen; auch führen sie, mit Ausnahme des ständig fließenden Hilmand in Afghanistan, nur zu gewissen Zeiten im Jahre Wasser.

Von größeren Städten seien erwähnt in Persien: die Hauptstadt Teheran, Isfahan, Schiras, Mesched mit dem größten schiitischen Heiligtum, Asterabad, Sari, Hamadan, Jesd, Kirman; in Afghanistan: die Hauptstadt Kabul, Herat, Kandahar und im Norden,

schon jenseits der Randketten, Masar-i-scherif, ein berühmter Wallfahrtsort.

Von den Bewohnern des Landes kommen in erster Linie die arischen Iranier, im Westen die Perser, im Osten die Afghanen in Betracht. Weitere wichtige Volkselemente sind die Mongolen, die mehr im Norden, sowie die Araber, die im Südwesten eine Rolle spielen. Außerdem finden sich Inder, Armenier, Juden und Europäer, die letzteren jedoch fast nur in Persien, da ihnen Afghanistan größtenteils verschlossen ist. Ihrer Religion nach sind die Perser meist Schiiten, die Afghanen Sunniten.

Die erste Reise, von September 1912 bis Januar 1914, diente geographischen, geologischen und kunsthistorischen Zwecken. Sie führte von Enseli an der Südwestecke des Kaspischen Meeres zunächst nach Teheran, von dort nach Nordosten durch völlig unbekanntes

schmuck ausgestatteten Prunkgemach, dessen Türen aus Gold und Silber bestehen; 600 photographische Aufnahmen von dem Heiligtum waren das Ergebnis seines Aufenthalts in Mesched.

Die heißeste Jahreszeit brachte hier Temperaturen von mehr als 40°, Sandstürme waren häufig, und Skorpionen, Taranteln sowie Schlangen vermehrten die Erschwernisse bei den weiteren Exkursionen. Im September 1913 ging die Reise über Turschis nach dem Ostrande der großen Salzwüste Kevir, die auf einem bis dahin von keinem Europäer begangenen Wege nach Westen durchquert wurde. Die am Ostrande der Wüste vorhandenen Brunnen haben Tiefen bis zu 100 m, geben jedoch meist salziges, nur für die Kamele trinkbares Wasser. Nach Passieren einer Sandzone von 20 km Ausdehnung kam man in das Gebiet des „Schwarzen Salzes“, in dem die Salzschohlen vielfach



Gebirgsland über verschneite Pässe in der Richtung nach der Südküste des Kaspischen Meeres. Wacholder, Pappeln und Weiden wachsen am Nordabhang des Gebirges, in den Tälern finden sich Reisfelder, und schließlich erstreckt sich ein undurchdringlicher Urwald bis zur Küste. Die Provinzhauptstadt Sari liegt in ungesunder Fiebergegend. In dem östlich gelegenen Asterabad blieb der Vortragende zwei Monate. Die Weiterreise erfolgte durch die Turkmenensteppe über Djordjan, Nardin und die alte Fruchtlanebene Isfara in nach Sebsewar, Nischapur und Mesched, der Hauptstadt von Persiens nordöstlichster Provinz Chorassan. Hier befindet sich der größte Moscheenkomplex des Islam, dessen Heiligtümer von den Schiiten fanatisch vor dem Betreten durch Ungläubige behütet werden. Trotzdem gelang es dem Vortragenden, verkleidet in den Grabraum zu gelangen, einen mit reichem Spiegel-

aufgerichtet stehen und schwarze Schatten werfen, während in der Mitte das „Weiße Salz“ horizontal gelagert ist und ein Landschaftsbild von größter Öde und erschreckender Todesstarre bietet, in der kein lebendes Wesen existieren kann. Selbst für die Kamele war der 50stündige Marsch durch das Kevir sehr schwierig. Der weitere Weg von Isfahan führte durch wasserarmes Wüsten- und Steppenland. Schließlich wurde über die alten Ruinenstätten von Pasargadä und Persepolis Schiras, und nach Durchquerung der schon in tiefem Schnee liegenden südiranischen Randgebirge der Hafen Buschehr am Persischen Golf Mitte Januar 1914 erreicht.

Die zweite Expedition war eine militärische. Von Baghdad aus drang der Vortragende im März 1915 über Kirmanschan und Hamadan nach Isfahan vor, das zum Hauptetappenort und Ausgangspunkt aller

weiteren Unternehmungen gemacht wurde. Es gelang schließlich, alle Hauptstädte Persiens in deutsche Hand zu bekommen. Juli 1915 begann der Marsch durch die Salzwüste. Trotz der enormen Hitze von mehr als 50°, wochenlangem Wasser- und Nahrungsmangel, Kampf gegen Feinde und verräterische Eingeborene, gelang es, die russisch-englischen Linien an der Grenze von Afghanistan zu durchbrechen, allerdings unter Verlust der Hälfte der Mannschaften und Transportiere. Bis zur persischen Ostgrenze erhielt das Kommando täglich Nachrichten und Befehle von Nauen auf funktentelegraphischem Wege. Von Herat zog die Expedition durch das zentral-afghanische Gebirgsland nach Kabul, das der Vortragende als die schmutzigste Stadt des Orients bezeichnet. Die Verhandlungen mit dem Emir von Afghanistan führten jedoch nicht zu dem gewünschten Ziel. Es erwies sich als zweckmäßig, Afghanistan zu verlassen, und durch Russisch-Turkestan, wo in der heißesten Jahreszeit die Wüste Karakum durchquert und der Murghabfluß passiert wurde, erreichte der Vortragende im Juli 1916 Teheran; von dort gelangte er auf Schleichwegen nach Hamadan, wo er Anschluß an die türkischen Truppen fand.

Auf die zahlreichen Abenteuer, Kämpfe, Beraubungen usw., denen der Vortragende ausgesetzt war, kann hier ebenso wenig eingegangen werden, wie auf die Tätigkeit seiner Begleiter und die Wege der verschiedenen anderen militärischen Gruppen, die Hand in Hand mit ihm arbeiteten und größtenteils im Kampfe gegen überlegene Feinde zugrunde gingen. In Persien und Afghanistan allein hat die Expedition an Gesamtweglängen beinahe 40 000 km zurückgelegt, das ist eine Strecke gleich dem Umfang des Erdäquators.

Den Schluß des Vortrages bildete die Vorführung von zahlreichen, zum Teil farbigen Lichtbildern, die verschiedene Landschaftsformen, alte Baudenkmäler, Städtebilder und Völkertypen darstellten. B.

Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin.

In der Sitzung vom 1. Juni sprach Prof. Harbort über die Morphologie und Altersfrage der Salzstöcke im unteren Allertal auf Grund von zahlreichen, von ihm untersuchten Bohr- und Schachtprofilen.

Im Schacht Alicenhall zeigt das Deckgebirge ein verhältnismäßig vollständiges Profil der oberen Kreide; es sind nachgewiesen das gesamte Senon mit einer Mächtigkeit von ca. 80 m, das Untere Cenoman und Gault, zusammen 17 m mächtig. Weiter nach Südwesten folgt bei Ahlden unter dem Senon lediglich eine 1 m mächtige Tonschicht des Cenomans mit Geröllen an der Basis, darunter das Salzlager. Noch weiter nach Südwesten im Schacht Wilhelmine bestehen die Deckschichten nur noch aus Mucronaten- und Quadratenkreide. Noch an andern Beispielen, die hier nicht angeführt werden können, zeigte der Vortragende, daß am Aufbau des Deckgebirges die verschiedenen Formationsstufen sich beteiligen, die dann allerdings oft zu ganz geringer Mächtigkeit reduziert sind, während dieselben Horizonte in einiger Entfernung vom Salzstock in ihrer normalen Mächtigkeit auftreten. Besonders wichtig sind die Transgressionen, wie z. B. der mittlere Gault im Schacht Alicenhall, die sonst in Norddeutschland nicht beobachtet wurden.

Das untersuchte Gebiet war im ganzen genommen von der Trias bis in das Jungtertiär hinein ein Gebiet dauernder Senkung. Dieser Vorgang fand natürlich an allen Stellen nicht gleichmäßig statt. An Zerrungs-

und Dehnungsspalten stiegen die Salzmassen unter dem Druck der absinkenden Schollen auf. Der Vortragende kann sich der Stilleschen Auffassung, die die Entstehung der Salzhorste auf tangentialen Faltungsdruck zurückführt, nicht anschließen.

Ausgehend von der Seltenheit plastisch deformierter Salzkristalle im Salzgebirge, glaubt der Vortragende in Übereinstimmung mit den Jäneckeschen Forschungsergebnissen weitgehende Umschmelzungsprozesse beim Aufstieg der Salzmassen annehmen zu müssen.

Hierauf sprach Prof. Gothan über Neues von den ältesten Landpflanzen. In den letzten Jahren ist namentlich durch die Untersuchungen der Schweden und Engländer (Halle, Kidston und Lang) viel Neues über die Pflanzen des älteren und mittleren Devons bekannt geworden. Unter den von den Schweden bearbeiteten Pflanzen des norwegischen Devons befinden sich außer den auch sonst bekannten, eigentümlichen, blattlosen Stengeln besonders Orthostigma- und Psilophytenstücke. Obwohl diese hier wie auch an böhmischen Fundpunkten nur in Abdruckform auftreten, gelang doch der Nachweis, daß es sich um Stengelorgane mit ausgebildeten Leitbündeln handelt. Der interessanteste Fund aus Norwegen bildet die als *Sporagonitis* bezeichnete Pflanze, die Halle in gewisser Beziehung mit Laubmoosen vergleichen konnte, ohne sie selbst jedoch bei diesen Formen einzureihen. Daß dies mit Recht geschah, beweisen die von Kidston und Lang aus dem älteren Old-Red beschriebenen Funde von in Hornstein verkieselten Pflanzen. Im wesentlichen sind es drei Gattungen. *Rhyma* zeigt runde, unregelmäßig verzweigte Stengel, denen an Terminalstücken längliche Sporangien anhängen. Eigentliche Wurzeln sind nicht vorhanden, sondern ähnliche Organe haarartiger Natur, wie man sie von den Moosen als „Rhizoiden“ kennt. Die Stengelstruktur zeigt ein einfaches kleines Leitbündel. Irgendwelche Skelettelemente fehlen. Die Pflanzen müssen auf einem überschwemmten Boden, eine niedrig krautige Vegetation gebildet haben. Die Gattung *Hornea* ist *Rhyma* ähnlich, zeigt jedoch in den Sporangien ein zentrales Gewebe, das bis zu gewissem Grade mit einer Mooskapsel oder mit *Sporagonites* verglichen werden kann. Die dritte Gattung, *Asteroxylon*, zeigt im Stengel in der Mitte ein sternförmiges Leitbündel, darum ein sehr lakunöses Gewebe und außen parenchymatische Rinde. Die Pflanze war beblättert etwa nach Art eines Mooses, auch hier treten Leitbündel in das Blatt selbst nicht ein.

In der böhmischen Devonflora finden sich Formen wie Barandina, die wahrscheinlich schon eine stärkere Differenzierung des Leitbündelverlaufs und lange streifige Blätter besaß. Spuren eigentlicher, spreitiger Blätter sind im älteren Devon selten. Fast alle Gewächse waren klein, krautig und von geringer Standfestigkeit.

Im starken Gegensatz zu den Pflanzenformen des mittleren und unteren Devons steht die Pflanzenwelt des Oberdevons. Hier hat die Flora bereits carbonischen Charakter durch das Auftreten großer, entwickelter, geaderter Blattspreiten, durch die durchgeführte Arbeitsteilung der Pflanze in bezug auf Ausbildung der tragenden und assimilierenden Organe.

Der älteste Landpflanzenrest ist im Obersilur von Gotland gefunden worden, der äußerlich etwa wie ein kleines Psilophyton aussieht. Der Charakter der Flora des Älteren Devons, ihre niedrige Organisation, ihre geringe Größe usw. legt den Gedanken nahe, daß die Landflora dem Wasser entstammt, wofür sich schon Potonié, Lignier, Arber u. a. ausgesprochen haben. Die

im Oberdevon beobachteten Fortschritte sind aufzufassen als Anpassung an die neue Lebensweise auf dem Lande, in der Luft. Es besteht also ein scharfer floristischer Schnitt zwischen dem Mitteldevon und dem Oberdevon. S.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein).

Am 12. April hielt Herr Dr. Koelzer einen Vortrag über **Baltasekunden- und andere Verfahren**. Baltasekundenverfahren ist eine im letzten Kriege entstandene Abkürzung für die Berücksichtigung der ballistischen Tageseinflüsse, gestaffelt nach *Flugzeitsekunden*. Tageseinfluß ist hierbei die Summe der Störungen, welche eine Abweichung der wirklichen Schußrichtung von der für Windstille gültigen Richtung hervorruft. Das Verfahren besteht im wesentlichen in der Ermittlung des Luftgewichts und des Windes in den einzelnen Höschichten und deren Umrechnung auf einen einzigen Wert, welcher in die „Schuß tafeln“ eingesetzt wird. Der Vortragende zeigte die Unzulänglichkeit der älteren Methoden, z. B. der von Charbonnier, und gab einen Einblick in die mathematische Behandlung dieses Problems, die der verstorbene Astronom K. Schwarzschild 1915 angegeben hat, und die in den Sitzungsber. der preuß. Akad. d. Wiss. 1920, S. 37 veröffentlicht ist. Schwarzschild knüpfte an die Cranzsche Hauptgleichung der Ballistik an, welche die Beziehung zwischen Richtung und Geschwindigkeit eines Geschosses gibt, ersetzte jedoch als unabhängige Veränderliche die Zeit durch den Winkel zwischen Bahrtangente und Horizontalen. Zerlegt man dann die Geschosßbahn in infinitesimale Stöße, so lassen sich die einzelnen „Stoßkoeffizienten“ in ihrer Abhängigkeit von Luftdichte und Luftbewegung angelehrt berechnen. Zum praktischen Gebrauch können die Ergebnisse in Schaubildern für verschiedene Abgangswinkel des Geschosses dargestellt werden.

Aus den Schwarzschildschen Arbeiten hat sich das Baltasekundenverfahren entwickelt. Meist arbeitet man mit 3 Schichten von gleichem „Gewicht“, d. h. mit einer solchen Zoneneinteilung der Geschosßbahn, daß zu gleichen Scheitelordinaten gleiche Flugzeiten gehören. Die Luftgewichtsänderung wird dadurch berücksichtigt, daß man durch Integration die mittlere relative Änderung der Luftdichte, bezogen auf den Bodenwert einführt. Für das Luftgewicht gilt zwar meist eine andere Zoneneinteilung wie für den Wind, aber in der Praxis läßt sich das in der Regel nicht durchführen.

Der Vortragende ging ferner auf die von Prof. v. Brunn gegebene strenge Integrationsgleichung des Geschosses ein und auf die Methoden, welche bei der feindlichen Artillerie zur Berücksichtigung der Tageseinflüsse benutzt worden sind. Am vollkommensten sind die Methoden der Amerikaner. Zwar haben sie die Luftgewichtsänderungen erst nach dem Kriege in ihre Rechnungen eingeführt, aber für Windänderungen sind außerordentlich vielgestaltige tabellarische und graphische Darstellungen der Tageseinflußkoeffizienten entworfen worden.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die gegenwärtige Guanogewinnung in Peru, ein Beispiel des Wertes naturgemäßer Ausbeutung (R. E. Coker, an illustration of practical results from the pro-

tection of natural resources; Science, 1921, S. 295 bis 298). Der Guano (richtiger Huano, womit in der Keschuasprache Vogelmist bezeichnet wird), ein Naturerzeugnis kühler, trockener, fischreicher und daher von Vogelschwärmen bevölkerter Küstenstriche, findet sich bekanntlich nirgends in solcher Entwicklung wie an der peruanischen Küste. Sein Haupterzeuger ist eine Lumme, Puffinuria Garnotii, doch beteiligen sich auch Pinguine, Pelikane, Seeraben usw. an seinem Aufbau. Jahrhunderte, vielleicht Jahrtausende ungestörter Absatzes haben jene gewaltigen, einst bis zu 70 m mächtigen und Millionen von Tonnen enthaltenden Lagerstätten „fossilen“ Guanos erzeugt, durch die vornehmlich die Chinchasineln Berühmtheit erlangt haben. Da die Grundlagen die gleichen geblieben sind, geht auch in der Gegenwart die Guanobildung weiter vor sich. Die auf dem Gehalte an organischen Substanzen (Harn- und Oxalsäure, Ammoniaksalzen) beruhende Düngkraft wurde bereits von der peruanischen Urbewölkerung genutzt; in die europäische Landwirtschaft fand sie gegen 1840 Eingang. Den bedeutenden Einfluß der Guanoimportation auf den Weltmarkt, die ihr folgende, z. T. erfolgreiche Absuchung aller Küsten nach weiteren Fundpunkten, insbesondere auch die tiefgreifenden Einwirkungen auf die wirtschaftlichen, finanziellen, innen- und außenpolitischen und gesellschaftlichen Verhältnisse des peruanischen Staates sind Gegenstand einer anziehenden Schilderung Middendorfs, auf die hier verwiesen sei (Peru II, S. 176 bis 210).

Die ursprüngliche Annahme, daß die Guanolager unerschöpflich seien, mit der man den rücksichtslosen Abbau rechtfertigen zu können vermeint hatte, hatte sich, wie in vielen ähnlichen Fällen, als trügerisch erwiesen. Ein Menschenalter hatte genügt, um die hochragenden, von ganzen Flotten umlagerten Chinchasineln in entblößte, flache, vereinsamte Eilande zu verwandeln, und nach dem Abbau einiger weiterer Lagerstätten war der fossile Guano erschöpft. Nunmehr war man auf die in der Gegenwart erzeugte Menge angewiesen. Aber auch diese hatte eine Verminderung erfahren; die durch den Abbau verursachte Störung beim Brutgeschäft, die Plünderung der Gelege zur Gewinnung von Nahrung oder Eiweiß zur Weinklärung hatte die Zahl der Vögel stark herabgesetzt. Durch die dauernde Abnahme eines so hervorragenden Naturproduktes beunruhigt, begann die peruanische Regierung um 1905 die Erhaltung dieser Hilfsquelle für die Zukunft in die Wege zu leiten, zu welchem Zwecke sie den nordamerikanischen Sachverständigen R. E. Coker vom Bureau of fisheries berief. Dieser berichtet über seine Erfahrungen, die getroffenen Schutzmaßnahmen und ihre nach 15 Jahren gezeigten Erfolge, wie folgt:

Der ehemalige Reichtum an Guano liefernden Vögeln beruhte auf dem Zusammentreffen günstiger Bedingungen für Ernährung, Bestand und Fortpflanzung, ihre Abnahme auf dem störenden Eingriffe des Menschen. Um den Rückgang zum Stehen zu bringen und die Zahl wieder zu steigern, mußten die alten Zustände wiederhergestellt werden. Eine sichtbare Zunahme war dann nach Verlauf weniger Jahre zu erwarten. In Erkenntnis dieser Zusammenhänge hatte die Regierung bereits vor Cokers Ankunft einen wichtigen Schritt getan, indem sie die Chinchasineln gesperrt hatte, unter dem Zwange der Umstände, d. h. aus wirtschaftlichen Gründen jedoch nur für kurze Zeit. Nunmehr wurden als unbedingt erforderlich folgende Maßnahmen aufgestellt: 1. Durchführung einer mehrmonatlichen Schonzeit, 2. Sperrung des Abbaus

während mehrjähriger (40 Monate dauernder) Perioden, 3. Ausschluss des Raubbaus nach sich ziehenden Wettbewerbes durch Erteilung je nur einer Konzession auf einer Insel oder Inselgruppe; Verpflichtung des Produzenten, die Vögel zu schonen und Beaufsichtigung der Inseln durch Wächter, 4. Beseitigung des Wettbewerbes unter den Verbrauchern durch Rationierung der Ausbeute für Inland und Ausfuhr. Die Durchführung dieser Maßnahmen, deren Schwierigkeit besonders da an den Tag trat, wo sie in die Wirtschaftsverhältnisse eingriff, brachten in der Tat Erhaltung und Ausbeutung ins Gleichgewicht. Darüber hinaus lehrte die im Verlaufe von 10 Jahren erzielte reichliche Verdreifachung des Ertrages (von 25 auf 88 000 Tonnen; in alten Zeiten hatte man 90—153 000 erzielt [1850—53]), daß sachgemäße Ausbeutung trotz anfänglicher Opfer lohnender ist als Raubbau.

Coker preist daher den Entschluß der peruanischen Regierung zur Ordnung der Guanoerzeugung als eine Tat „hoher Erleuchtung“. Angesichts der durch *Cieza de Leon* wie durch *Garcilaso de la Vega*, die ältesten Historiker des alten Perus, bezeugten Tatsache, daß bereits die Inca den Schutz der Vögel und den Verbrauch des Guanos von Staats wegen geregelt hatten, mußte dieses Lob wie eine Anklage gegenwärtiger Wirtschaftsmethoden an. Gleichwohl muß man ihm beistimmen und den Fortschritt um so höher veranschlagen, als er die Nutzenanwendung auf andere Rohstoffe empfiehlt, namentlich in den Vereinigten Staaten. Hier macht sich überhaupt erfreulicherweise neuerdings nach Jahrzehnten schrankenlosen Raubbaus eine weitsichtigere, die Natur mehr schonende Wirtschaftsauffassung geltend, wie gelegentlich auch an dieser Stelle gezeigt werden konnte (vgl. Heft 1 dieses Jahrgangs, S. 19, die biologischen Hilfsquellen der Gewässer Nordamerikas).

Die jüngsten amerikanischen Volkszählungen und ihre Lehren. Die 14. Volkszählung in den Vereinigten Staaten (1920) hat (nach *H. Wichmann* in *Petermanns Mitt.* 1921, S. 90) eine Gesamtbevölkerung von 117 857 509 ergeben, wovon rund 12 Millionen auf Territorien und Außenländer entfallen. Die Zunahme der kontinentalen Staaten von 92 (1910) auf 106 Millionen beträgt 14 % gegenüber einem Zuwachs von 21 % im vorletzten Jahrzehnt. 5,3 Millionen rühren aus der Einwanderung her, die 1900—1910 8,8 Millionen betrug. Schon diese Zahlen reden eine eindringliche Sprache. Die Zunahme der Volksmenge gegenüber dem Vorjahrzehnt ist geringer, als der Ausfall an Einwanderern unter der Wirkung des Krieges bedingt. Auch die Menschenverluste und der Geburtenausfall im Kriege, die ja wegen des späten und immerhin untergeordneten Eingreifens Amerikas nicht sehr hoch zu veranschlagen sind, vermögen den Unterschied nicht auszugleichen. Es muß daher noch ein anderer zunahmevermindernder Umstand mit beteiligt sein, aller Wahrscheinlichkeit nach die Abnahme des Geburtenüberschusses, unter den alle hochzivilisierten Länder leiden. Für diese Annahme, deren Bestätigung die weitere Auswertung der Volkszählung wohl noch bringen wird, sprechen weitere Zahlen: Die größeren und die Großstädte weisen ein weiteres rapides Wachstum auf; mit 7,6 Millionen Zuwachs verschlucken sie die ganze Einwanderung. Die Reihe der Großstädte ist um 18, vorwiegend im Osten gelegene gewachsen, New York von 4,8 auf 5,6 Millionen angeschwollen. Die gesamte städtische Bevölkerung überwiegt mit 51,9 % (früher 46,3) zum ersten Male die ländliche. Also auch

hier Landflucht und zunehmende städtische Zivilisation, die Grundlagen der Volksverminderung. Die Verschiebung des Verhältnisses zwischen den beiden Bevölkerungsgruppen spiegelt die jüngste wirtschaftliche Wandlung der Union wider. Bisher standen Landbau und Industrie immer noch in einem gewissen harmonischen Verhältnisse, und das Ziel der Gesamtwirtschaft schien die Erreichung einer Autarkie auf breiter Grundlage zu sein. Nunmehr hat Amerika den Schritt zum überwiegenden Industriestaate unternommen, wie ihn England (mit 77 % städtischer Bevölkerung) freiwillig, Deutschland (mit 57 %) gezwungen tat. Damit ist es notwendig auf Weltwirtschaft angewiesen und unter den gegenwärtigen Umständen zu imperialistischer Politik gezwungen. Da es vermöge seiner Gesamtzahl nunmehr an der Spitze der selbständigen Großstaaten steht und hinsichtlich Raumgröße und -geschlossenheit, Ausstattung und Weltlage überaus bevorzugt ist, hat es gewissermaßen die Anwartschaft auf die Hegemonie der Erde erlangt, die es — wie sein jüngst unverkennbar gesteigerter Ausdehnungsdrang beweist — zweifellos auch zu erreichen bestrebt ist. Diese aus der absoluten Zahl sich ergebenden Möglichkeiten schränkt aber die Wachstumsabnahme wieder ein, dafür sorgend, daß die Hickorybäume nicht in den Himmel wachsen.

Auch in Brasilien liegen nunmehr die Ergebnisse der Volkszählung von 1920 vor. Freilich zunächst nur die Volksziffern der Einzelstaaten und der Bundesrepublik (ebd. S. 69). Die in Anbetracht der sehr ungleichen Zivilisation und der sich daraus ergebenden Schwierigkeiten der Zählung trotz ihrer Anführung bis in die Einerstellen nur als Annäherungswerte zu gebrauchenden Zahlen geben ein nicht minder lehrreiches Bild von dem gegenwärtigen Entwicklungsstande des Landes.

Wenn die Gesamtbevölkerung wirklich von 20,5 Millionen (1910) auf 30,5 gestiegen ist, so besagt das ganz allgemein, daß die Aufnahmefähigkeit des Landes für Siedler, seien es Einwanderer oder im Lande Geborene, eine sehr große ist, daß seine Auffüllung mit Menschen sich noch in einem Stadium befindet, wie es in der Union der Vergangenheit angehört. Die Zunahme durch Einwanderung ist augenblicklich nur schätzbar. In den letzten Jahren vor dem Kriege betrug sie 90—136 000. Zuletzt stieg sie rasch an, der Krieg hat sie zweifellos sehr stark herabgedrückt. Auf jeden Fall ist sie erheblich kleiner als die der Union. Dann aber muß sie für die Bevölkerungszunahme eine ungleich geringere Rolle spielen als der Geburtenüberschuß. Brasilien unterliegt also nicht der erwähnten infausten Alterserscheinung europäischer Kulturstaaten. Im einzelnen ist die Zunahme verhältnismäßig um so größer, je jünger und minder zivilisiert und je mehr äquatorwärts gelegen das Siedlungsgebiet ist (Rio de Janeiro 25 %, Sao Paulo 26 %, Minas Geraes 27 %, Bahia 41 %, Amazonas 63 %, Ceará und Goyaz 80 % Zunahme). Mit andern Worten, die Entwicklung erfolgt recht gleichmäßig und im Einklang mit den natürlichen Gegebenheiten und kolonialisatorischen Erfordernissen des Landes. Die Aufwärtsbewegung ist also ihrer Art nach gesünder als die der Vereinigten Staaten. Dementsprechend hat auch eine solche übermäßige Zusammenballung der Bevölkerung in den Industriegebieten nicht stattgefunden. Wirtschaftlich läßt sich aus den Zahlen wie in der Union eine Wandlung erkennen, die zunehmende Befreiung von der kolonialen Abhängigkeit vom Auslande und der Übergang zur Autarkie. Bestrebungen, die seit der

Kriegszeit im Handel deutlich in die Erscheinung getreten sind.
B. Brandt.

Das zweite Heft der Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, deren Ankündigung S. 268 dieses Bandes erfolgt ist, bringt eine Reihe von „Hauptaufsätzen“, zunächst aus verschiedenen Gebieten der technischen Mechanik. Dr. H. Hencky-Dresden zeigt, wie man die Festigkeit dünner rechteckiger Platten, die durch symmetrische Lasten beansprucht sind, auf einfache Weise dadurch berechnen kann, daß man die Platte in kleine quadratische Felder zerlegt denkt und auf diese die Methode der Differenzenrechnung anwendet. Einen Fortschritt in der klassischen Theorie der Biegung eines Balkens erzielt Dr. Neményi-Budapest, indem er an Stelle der üblichen Spannungsfunktion, für welche die Potentialgleichung in Verbindung mit einer verwinkelten Randbedingung gilt, eine neue allgemeinere Funktion einführt, deren bestimmende Randbedingung leicht zu behandeln ist. Prof. K. Popoff aus Sofia macht den erfolgreichen Versuch, die Poincarésche Methode der Himmelsmechanik auf die Bestimmung der Bahnkurve eines Geschosses im widerstehenden Mittel anzuwenden; es gelingt ihm auf diesem Wege, den theoretischen Nachweis für eine bekannte und sehr anschauliche Eigenschaft der ballistischen Kurve zu erbringen. Die moderne Theorie der Tragflächen, wie sie von Prof. Prandtl und seiner Schule begründet wurde, weiß Prof. R. Fuchs-Berlin in einem interessanten Aufsatz durch einige fruchtbare Bemerkungen zu ergänzen. Eine schöne Übertragung der bekannten Prandtl'schen Theorie der Grenzschichten in Flüssigkeiten mit kleiner Reibung gibt Dr. Ernst Pohlhausen in Warne-münde auf die Berechnung des Wärmeaustausches zwischen festen Körpern und Flüssigkeiten; besonders hervorzuheben ist unter den Ergebnissen die theore-

tische Berechnung der Anzeige eines Plattenthermometers, das in eine strömende Flüssigkeit gestellt ist. In einem Aufsatz des Herausgebers über die Wahrscheinlichkeit seltener Ereignisse wird gezeigt, daß die von Poisson herrührende Formel, die unter dem Namen „Gesetz der kleinen Zahlen“ bekannt ist und neuerdings in vielen Aufgaben der theoretischen Physik Verwendung findet, weit über ihren ursprünglichen Bereich hinaus gültig ist, nämlich auch dann, wenn die Einzelwahrscheinlichkeiten der Ereignisse von Versuch zu Versuch schwanken.

Auf die Hauptaufsätze des Heftes folgen zwei „Zusammenfassende Berichte“. Der erste, von Prof. Dr. F. Noether-Karlsruhe-Berlin, bespricht alle die zahlreichen, theoretischen und experimentellen Arbeiten, die in den letzten Jahrzehnten dem bekannten, aber noch immer nicht gelösten Problem der Turbulenz gewidmet wurden. Ein Vortrag von Prof. Wallenberg-Berlin gibt einen Überblick über die verschiedenen Anwendungen der Differenzengleichungen in der Technik. Wie das erste Heft, so enthält auch das zweite, jetzt vorliegende eine größere Anzahl „Kurzer Auszüge“ aus neueren Veröffentlichungen in anderen Zeitschriften; sie behandeln diesmal Fragen der Baumechanik und der praktischen Analysis. Unter den Buchbesprechungen sei ein ausführliches Referat von Hamel über das 4. Heft der Mitteilungen der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht hervorgehoben. Das Heft schließt mit drei kleinen wissenschaftlichen Mitteilungen, von denen eine von Dr. G. Laski einen kurzen Bericht über die neuesten Fortschritte in der Lehre vom Atombau nach der letzten Veröffentlichung von Niels Bohr darstellt, und mit einigen aktuellen Nachrichten, unter denen die von Prof. Reißner-Berlin verfaßten Zeilen aus Anlaß des 70. Geburtstages von Müller-Breslau hervorgehoben seien.
R. Mises.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien 1920.

Sitzungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

29. April.

Das w. M. Hofrat Franz Exner legt vor: *Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 130. Zur Kenntnis der Zerfallskonstante des Actiniums und des Abzweignungsverhältnisses der Actiniumreihe*, von Stefan Meyer. Die Halbwertszeit des Actiniums wird mit rund 16½ Jahren, das Abzweignungsverhältnis der Actiniumfamilie aus der Uran-Radium-Familie mit 4 % gefunden.

14. Mai.

Einfluß der Oberflächenspannung auf Schmelzen und Gefrieren (vorläufige Mitteilung) von Ernst Rie. Der Schmelzpunkt eines kleinen Kristalles im Inneren seiner Schmelze ist tiefer, der eines kleinen Tropfens im Inneren eines Kristalles höher als der normale Schmelzpunkt. Aus Überhitzungsversuchen an festen Körpern lassen sich Schlüsse auf die Oberflächenspannungen fest-flüssig, flüssig-gasförmig, fest-gasförmig ziehen. Mikrokristallinische Körper haben keinen definierten Schmelzpunkt.

20. Mai.

Das w. M. Prof. A. Durig legt folgende Arbeiten vor:

1. *Zur Physiologie der Gewichtsempfindung auf Grund von Versuchen an Amputierten*, von J. Borak (aus dem physiologischen Institut der Universität Wien). Weder die Gelenke noch die Sehnen sind für die Beurteilung von Gewichtsunterschieden von aus-

schlaggebender Wichtigkeit, das wesentliche Substrat bei der Gewichtsempfindung wird durch Änderungen im Kontraktionszustand der beteiligten Muskeln gegeben.

2. *Untersuchungen über den harten und den weichen Stimmeinsatz bei Natur- und Kunststimmen*, von Emil Fröschels (aus dem phonetischen Laboratorium des physiologischen Universitätsinstitutes in Wien). Pneumographische und laryngostroboskopische Untersuchungen von hartem und weichem Stimmeinsatz bei Natur- und Kunststimmen ergeben, daß bei Naturstimmen eine Annäherung der Stimmlippen aneinander erfolgt, Kunststimmen erreichen das gewünschte akustische Resultat durch verschieden starke Stauung der Luft unterhalb der Glottis.

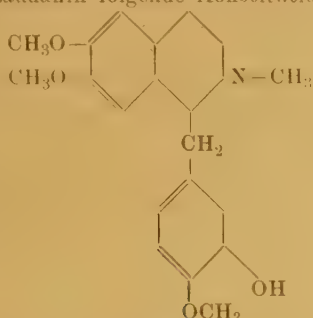
Das k. M. Oberbergrat Fritz Kerner-Marilaun überreicht eine Arbeit mit dem Titel: *Geographische Analysis der ozeanischen Temperaturen am 45. Parallel*. Es wird versucht, diese Temperaturen als das Ergebnis der Einwirkung von erwärmenden und abkühlenden Kräften auf die Normalwärme im reinen Seeklima rechnerisch darzustellen.

17. Juni.

Das w. M. Hofrat J. M. Eder legt eine Arbeit aus der Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt vor: *Über die sphärische Korrektur von photographischen Objektiven*, von K. W. Fritz Kohlrusch. Darin wird gezeigt, daß das von Gauß aufgestellte Prinzip, wonach die durch die sphärische Aberration hervorgerufene Undeutlichkeit visuell gewertet wird an der Größe des Ausdrucks $r^2 \text{ids}$ (ds ein Flächenelement des Zer-

streuungsscheibchens von der Helligkeit i , r der Abstand dieses Elements von der Achse), in seinen Konsequenzen in befriedigender Übereinstimmung mit der Erfahrung steht und zu einem Maß des Korrektionszustandes in bezug auf sphärische Aberration führt.

Das w. M. R. Wegscheider überreicht eine Abhandlung aus dem I. chemischen Laboratorium der Universität Wien: *Die Konstitution des Laudanins*, von Ernst Späth. Verfasser bestimmt im Laudanin den Ort der phenolischen Hydroxylgruppe durch Oxydation von Äthyllaudanin zur Äthylisovanillinsäure und von Carbäthoxyaudanin zu Carbäthoxyisovanillinsäure und Isovanillinsäure. Demnach kommt dem Laudanin folgende Konstitutionsformel zu:



1. Juli.

Mitteilungen aus der biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien (Zoologische Abteilung, Vorstand: H. Przibram). Nr. 53. Versuche über Polaritätsumkehr am Tritonenbein, von Oskar Kurz. Mit dem ursprünglich distalen Ende an den entzweigesechnittenen Femur implantierte Unterschenkelknochen regenerieren an der nunmehr distal stehenden Fläche einen Fuß. Hierbei kann ein Doppelfuß entstehen, dessen Bildung durch das Bestreben jedes der beiden Unterschenkelknochen, einen Fuß herzustellen, erklärt werden kann. Wo das Implantat nicht mit der Femurschnittfläche verwachsen ist, pflegen Doppelfüße gebildet zu werden, deren Entstehung durch gleichzeitige Regeneration von Femur und Unterschenkelknochen aus zu erklären ist.

Aschenbild und Pflanzenverwandtschaft, von Hans Molisch. Die vorliegende Arbeit zeigt, daß für die Beschreibung und Erkennung eines Pflanzenobjektes nicht bloß die Anatomie des Gewebes, sondern auch die Morphologie seiner Asche herangezogen werden kann, da das Aschenbild entweder durch sein Zellenskelett oder durch bestimmte Inhaltskörper oder Leitfragmente und ihre bestimmte Anordnung für jede einzelne Pflanzenart sehr charakteristisch ist.

Dr. Gustav Klein: *Studien über das Anthochlor*. Dieser Farbstoff wurde auf seine Verbreitung im Pflanzenreich und Verteilung im Gewebe der Blütenblätter hin untersucht und seine nahen Beziehungen zum Anthokyan anatomisch festgestellt. Seine chemischen Eigenschaften wurden mikrochemisch untersucht. Danach stellt das Anthochlor eine Gruppe von mindestens drei verschiedenen, einander nahestehenden Farbstoffen vor. (Vertreter Dahlia, Papaver, Verbascum.) Sie sind höchstwahrscheinlich Flavonabkömmlinge mit nahen Beziehungen zum Anthokyan. Vertreter der einzelnen Gruppen wurden auf verschiedene Art zur Kristallisation gebracht.

7. Oktober.

Das w. M. Hofrat Franz Eaner legt eine Arbeit von Hedwig Walter vor, betitelt: *Messungen der Zähigkeit und Oberflächenspannung des Emulsionskolloids*. An Lösungen von Gummi arabicum wurden Untersuchungen bezüglich des Dispersitätsgrades, der inneren Reibung und der Oberflächenspannung vorgenommen. Es ergab sich, daß die Teilchen der dispersen Phase durchaus als Amikronen im Sol verteilt sind. Aus den Viskositätsmessungen wurden an Hand der Einsteinschen Formel Schlüsse gezogen, die die flüssige Natur der

dispersen Phase bestätigen. Für den Funktionalzusammenhang zwischen Reibungskoeffizienten und Konzentration bzw. Temperatur wurden empirische Formeln ermittelt. Die Oberflächenspannung der Lösungen und ihr Temperaturkoeffizient wurden nach der Jägerschen Methode gemessen und die Konstanten einer von G. Jäger aufgestellten Formel empirisch bestimmt. Aus dem Verlauf der Kapillaritäts-Konzentrationskurven wurde auf eine Abhängigkeit der Oberflächenspannung vom Dispersitätsgrad geschlossen.

Derselbe legt ferner vor: *Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung, Nr. 134. Über die relative Ionisation von α -Strahlen in verschiedenen Gasen*, von Victor F. Heß und Maria Hornyak. Wie Rutherford, Bragg u. a. gezeigt haben, ist die von einem α -Teilchen auf seiner Bahn erzeugte Gesamtionisation in verschiedenen Gasen verschieden. In der vorliegenden Untersuchung wird die Ionisation durch die α -Teilchen von Polonium in Kohlendioxyd, Stickstoff, Sauerstoff, Leuchtgas und Wasserstoff mit der in Luft verglichen, wobei besondere Sorgfalt auf die Ermittlung der Sättigungsstromwerte in jedem Falle verwendet wurde. Nimmt man die Ionisation in Luft gleich 1 an, so sind die entsprechenden Relativwerte in CO_2 1,23, in N_2 0,97, in O_2 1,12, in Leuchtgas 0,88. Eine Reihe von weiteren Versuchen über die relative Ionisation wurde bei Abschirmung eines Teiles der Reichweite der α -Strahlen ausgeführt. Es zeigte sich, daß die relativen Ionisationswerte in den verschiedenen Gasen je nach der Geschwindigkeit der verwendeten α -Strahlen (bzw. der Restreichweite) sehr verschieden ausfallen. So ergab sich bei Abschirmung bis auf die letzten 3 mm der Reichweite die relative Ionisation (bezogen auf Luft = 1) in CO_2 zu 0,92, in N_2 zu 0,96, in O_2 zu 1,17, in Leuchtgas zu 1,22, in H_2 zu 1,25. Genaue Aufnahme der Bragg'schen Kurven in diesen Gasen scheint wünschenswert.

14. Oktober.

Herr Otto Halpern in Wien übersendet eine vorläufige Mitteilung mit dem Titel: *Über Radiometerkräfte und den 2. Hauptsatz der Thermodynamik*. Die Anwendung des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik auf Radiometererscheinungen gestattet es, obere Werte für die Größe der stationären Radiometerkräfte abzuleiten, die ohne Verletzung des 2. Hauptsatzes nicht überschritten werden dürfen. Die Ausführung von idealen Prozessen liefert für eine im widerstehenden Mittel durch Radiometerkräfte bewegte Kugel die Formel:

$$R^2 \leq \frac{4 Q \tau}{B T}$$

Hierin bedeuten R Radiometerkraft, Q pro Sekunde überströmende Wärme, τ Temperaturfall, T absolute Temperatur, B Beweglichkeit der Kugel. Auch für andere Radiometer, z. B. schwingungsfähige Systeme, bei denen im stationären Zustand die Radiometerkraft durch eine Gegenkraft kompensiert wird, lassen sich durch ähnliche Betrachtungen Bedingungsgleichungen aufstellen.

Das w. M. Hofrat J. M. Eder übersendet bezüglich seiner in der Sitzung vom 10. Juni l. J. vorgelegten Arbeit: *Das Bogenspektrum des Terbioms* folgende Mitteilung über deren Inhalt: Über das Terbium legte J. M. Eder im Juni 1920 der Akademie der Wissenschaften in Wien seine spektralanalytischen Untersuchungsergebnisse vor; die Spektren waren mit einem großen Gitterspektrographen von Rot bis ins äußere Ultraviolett photographiert worden. Die Reihe der Elemente Gadolinium, Terbium, Dysprosium usw. war von C. Auer v. Welsbach mittels der Nitrate nach seinem Oxydverfahren, dann durch mehrhundertfache fraktionierte Kristallisation der Ammon-Doppeloxalate im Jahre 1918 aus dem schwedischen Mineral Gadolinit bergestellt und gereinigt worden. Die spektralanalytische Untersuchung ergab, daß in der Reihe der seltenen Erdelemente zwischen Gadolinium und Terbium kein anderes Element sich vorfindet, dagegen erschei-

nen in den Fraktionen der Präparate zwischen Terbium und Dysprosium deutliche Gruppen von Spektrallinien, die einem neuen, bisher unbekannten Elemente zugeschrieben werden müssen; für dieses schlägt Eder mit Bezug auf den berühmten Erforscher der seltenen Erden, C. Auer v. Welsbach, den Namen „Welsium“ vor. Seine Reindarstellung ist bisher nicht erfolgt; es erscheint aber als Element durch mehrere hundert charakteristischer Spektrallinien, deren Wellenlängen Eder genau bestimmte, identifiziert. Das Terbium Auers ist mit dem von dem Franzosen Urbain im Jahre 1905 mittels der Wismuth-Doppelsalze hergestellten Terbium der Hauptsache nach identisch, jedoch etwas reiner, so daß an seiner Natur als Element nicht zu zweifeln ist.

18. November.

Das w. M. R. Wegscheider überreicht eine Abhandlung aus dem medizinisch-chemischen Institut der Universität Graz: *Über Kondensationen von aromatischen Diaminen mit Phtalsäureanhydrid. II. Mitteilung*, von Hans Lieb und Gustav Schwarzer. Beim Erhitzen mit Phtalsäureanhydrid gibt 1,2-Naphtylendiamin im geschlossenen Rohre o-Phenyl-di-1,2-naphtimidazol, dagegen 1,2-Diaminoanthrachinon unter den verschiedensten Versuchsbedingungen immer nur Benzoylen-anthrachinonimidazol, welches beim Erwärmen mit Lauge in das Salz der Phenylanthrachinonimidazol-o-carbonsäure übergeht. 1,5-Diaminoanthrachinon, p- und m-Phenylendiamin geben mit Phtalsäureanhydrid substituierte Phtalimide.

Dr. Otto Lehmann erstattet einen Bericht über seine im Auftrage der Akademie der Wissenschaften angestellten Untersuchungen über den Bergsturz am Sandling im Salzkammergute. Die Kleine Sandlinggruppe, östlich vom Trauntal bei Goisern bis zur niedrigeren Weitung von Aussee reichend, hat seit 12. September 1920 eine Veränderung von fast $\frac{1}{4}$ Quadratkilometern der Erdoberfläche erlitten. Aus sanften Waldgehängen mit mergeligem Untergrund ragen im höchsten Teile der Gruppe der Raschberg (1485 m) im W und der Sandling (1716 m) im E hervor. Jener besteht aus Hallstätter Triaskalken, dieser aus Jurakalken, die in den tieferen Lagen ziemlich tonhaltig sind. Zwischen diesen Bergen liegt in 1300 bis 1330 m Höhe, 600 m breit, eine Paßlandschaft mit Alpweiden und -hütten. Nur ihr südöstlicher Teil ist mit Fichten und Legföhren bedeckt. Dort liegen vom Hallstätter Kalk des Raschberges getrennte Stücke als verhältnismäßig dünne Platten mit randlichem Zerfall den weichen Schichten auf, blaugrauen Tönen und Mergeln, die nicht nur den Untergrund der Paßlandschaft, sondern östlich einfallend auch den der Sandlingmasse bilden. Nördlich vom Paß sammeln zunächst unbedeutende Rinnsale das Regenwasser; nach Süden aber steigt, näher dem Raschberg und zwischen den Almhütten schon als seichtes Wiesentälchen ausgebildet, die größere (westliche) Ursprungsrinne des Sandlingbaches herab. Seine östliche Ursprungsmulde liegt in der erwähnten Nadelholzfläche des Hallstätter Kalkes. Der Sandlingbach ergoß sich, in Mergeln südwärts fließend, nach etwa 3 km Lauflänge in den Zlambach (Leislingbach), der zur Traun fließt (vgl. die Spezialkarte 1:75 000, Z. 15, Kol. IX: Ischl und Hallstatt). Am 12. September 1920, gegen 5 Uhr nachmittags, stürzten aus dem höchsten Teil der Westwand des Sandlings, südlich vom Gipfel gewaltige Trümmermassen herab, nachdem schon seit der Frühe vermehrter Steinschlag aufgefallen war. Der dort nach Osten zurückspringenden Wand waren einzelne Felstürme vorgelagt, deren größter, das „Pulverhördl“, 200 m Höhe erreichte oder überschritt. Außerdem sahen spätestens um $\frac{1}{2}$ 6 Uhr alle Almbewohner einen langsam zunehmenden, etwa 80° steilen Verwerfer südlich der Absturzstelle im niedrigeren Teile der Wand, an dem der davorliegende

Fichten- und Legföhrenbestand absank. Zugleich barst der Erdboden westlich davon, wo der Kalk zwischen den Ursprungsadern des Sandlingbaches einen länglichen Rücken bildet. Es war eine Senkung der vordersten Wandteile am Gipfel und des Fußes der Westwand von da südwärts eingetreten, welche das „Pulverhördl“ und seine Nachbarschaft vom Berge abbrückte, so daß die dazwischen eingekleiteten und eingeklemmten Kalkmassen und Blöcke auf Umwegen zuerst herausfielen. Der Senkung entsprach eine Aufreibung des Bodens in einiger Entfernung vom Wandfuß. Am Abend beruhigte sich der Berg etwas, um in der Nacht gegen 11 Uhr neuerlich unter gewaltiger Staubentwicklung und großem Getöse Felsmassen zu Tal zu senden. Daher zogen gegen Mitternacht Mensch und Vieh ab, und zwar auf Umwegen. Denn der gewöhnliche Almweg führte am Bache nach Süden, wo die Waldbäume in verdächtiger, von keinem Wind erzeugter Bewegung gefunden wurden. Nach Mitternacht geschah das weitere und der Morgen fand ein stark verändertes Landschaftsbild vor. Das Pulverhördl, das am Abend noch vereinzelt aufgeragt hatte, war eingestürzt und die Trümmer hatten den Almboden förmlich aufgepflügt. Der Verwerfer hatte 30 und 40 m Sprunghöhe erreicht und parallel dazu war das Aufbersten des Almbodens zu einer Überschiebung von 2 bis 3 m Höhe geworden. Südlich aber von der Paßlandschaft glitt eine gewaltige Rutschung zu Tal, die noch am Abend des 13. September fast 1 km lang wurde. Die blaugrauen Tone waren ausgeglitten, und so glitt und stürzte alles hangende Mergel- und Mergelkalkgestein nach, wobei sich der zerstörte Wald mit vorwärts wälzte. Der Ausriß der Rutschung fraß sich nach N in die Paßlandschaft vor, nach S floß der blaue Ton ab „wie ein Fluß im Flusse“ nach freundlicher Mitteilung des Herrn Forstingenieurs Eisenwenger in Goisern, der sich in jene gefährliche Gegend begeben hatte. Am 10. Oktober hat die Rutschung ihre Länge von 4,5 km erreicht. Ihr Zungenende liegt 10 m dick im Zlambachtal, 4 km vom Trauntal entfernt und bildet eine Gefahr für St. Agatha nach schneereichem Winter und rather Schmelze. Die noch zu nennenden Veränderungen auf der Paßlandschaft führten bei näherer Prüfung alle zu dem Schluß, daß die starken Regen des verlassenen Spätsommers die Ursache des Plastischwerdens der liegenden Tone und Mergel waren, so daß diese unter der Last der Kalke des Sandlings hervorquollen. Dies geschah wenige Tage nach dem großen Hochwasser im Enns-, Traun- und Salzbachgebiet. Dabei wölbten sich diese Schichten auf, wo es ging; unter der Kalkdecke im südöstlichen Teil der Paßgegend, wo das Aufquellen Widerstand fand, wichen sie seitlich aus. So begann die Rutschung. Diese Kalkdecke zeigt sich übrigens an einer dünneren Strecke parallel zum Verwerfer von unten her aufgeborsten, aber später mit dem Ausfließen der Tone und Mergel gesellten sich Zerrungsrisse zu den Erscheinungen der Pressung. Nördlich davon scherte die in der Nacht gewaltig vergrößerte Bergsturzhalde den aufgetriebenen Almboden samt den Hütten östlich des Bachgrabens vom Untergrunde ab und schob die Erd- und Schuttmassen bis 200 m weit nach W. Dabei wurde das 8 bis 10 m tiefe Tälchen auf 150 m Länge ausgefüllt. Unter dieser Masse quoll grauer Ton hervor und bewegte sich im Graben etwa 30 m nach S. Er liegt wenig westlich der Verlängerung jener Tone, die als Träger der Rutschung erkannt wurden. Eine der Hütten ging ganz in Trümmer, weil sie von der aufgewulsteten Stirne des verschobenen Almbodens betroffen und überkippt wurde. Der Sachschade durch das Unglück besteht außerdem in der Vernichtung von 45 ha Waldes. Die bewegte Gesteinsmasse kann man vorsichtig mit 5- bis 6 000 000 m³ veranschlagen, wovon nur 200 000 m³ auf den Felssturz entfallen, die Hälfte auf die Rutschung, der Rest auf das Absinken am Verwerfer.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 29. (Seite 559—582)

22. Juli 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Bemerkungen zur Stellung der Kristalle in der Reihe der Feinbautypen. Von *F. Rinne, Leipzig*. S. 559.

Die Radikale in der älteren und in der modernen organischen Chemie. Von *Hans Lecher, München*. (Schluß.) S. 561.

Die Rotationsspektren der Gase. Von *G. Hettner, Berlin*. (Mit 4 Abbildungen.) S. 566.

Zuschriften an die Herausgeber:

Zur Theorie des Zeemaneffekts. Von *E. Back, Tübingen*. S. 569.

Nachweis des simultanen Farbenkontrastes bei Insekten. Von *A. Kühn, Göttingen*. S. 575.

Besprechungen:

Fajans, J., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 3. Auflage. Von *Fritz Paneth, Hamburg*. S. 576.

Schmidt, C. W., Geologisch-mineralogisches Wörterbuch. Von *J. Wilser, Freiburg i. Br.* S. 576.

Wilhelmi, J., Die Bekämpfung der gesundheitlichen und wirtschaftlichen Schädlinge. Von *B. Harms, Berlin*. S. 576.

Küster, Ernst, Kultur der Mikroorganismen. 3. Auflage. Von *Fr. Czapek, Leipzig*. S. 577.

Harvey, E. Newton, The nature of animal light. Von *A. Pütter, Bonn*. S. 577.

Engler, A., Das Pflanzenreich. Von *W. Wangerin, Danzig-Langfuhr*. S. 577.

Liesegang, F. Paul, Wissenschaftliche Kinematographie einschließlich der Reihenphotographie. Von *W. Merté, Jena*. S. 578.

Jaeger, F. M., Lectures on the principle of Symmetry and its applications in all natural Sciences. Von *P. P. Ewald, Stuttgart*. S. 579.

Biologische Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 580—582.

Ursachen der vertikalen täglichen Wanderung verschiedener mariner Planktontiere. Der heutige Stand der allgemeinen Theorie der histologischen Färbung. Mechanismus der Schädigung und der Wiederherstellung der Zelle. Die Abhängigkeit der Influenzapandemie von Hochdruckwetterlage. Untersuchungen zur Verjüngungshypothese Steinachs. Kristallisiertes Chlorophyll.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Valenzkräfte und Röntgenspektren

Zwei Aufsätze über das Elektronengebäude des Atoms

Von

Dr. W. Kossel

o. Professor an der Universität Kiel

Mit 11 Abbildungen

Preis M. 12.—

Inhaltsverzeichnis:

- I. Über die physikalische Natur der Valenzkräfte.
- II. Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Erforschung des Atombaus.
 1. Die Bohrsche Atomtheorie.
 2. Röntgenspektren.
 3. Erregung der Röntgenlinien. Ihr Seriencharakter.
 4. Beziehungen zwischen den verschiedenen Serien eines Atoms.
 5. Die Gliederung des Atoms in Elektronenschalen.
 6. Der Bau der einzelnen Schalen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Zeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 1/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot:
Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5



Von der 2. Auflage von IV

Chwolson, Lehrbuch der Physik

liegt fertig vor:

Band I, Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 34.55 Mk.

Abt. II: **Lehre von den gasförmigen,
flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 38.40 Mk.

Band II, Abt. I: **Lehre vom Schall**
Gebunden 23.— Mk.

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75 (225)

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 236 an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten. (236)

Für den Natur-
freund und Jäger

Frau Rada's Pelz u. a.
Jagdgeschichten u. Abenteuer
a. d. nahen Orient v. Dr.
Benzoldt, brosch. M. 9.—, geb.
M. 12.—. **Grüne Bräue.**
Geschichten u. Gestalten aus
Berg und Wald vom Mit-
arbeiterkreis des Deutschen
Jägers, broschiert M. 9.—,
geb. M. 12.—. **Almrausch,**
Jagd- und Bergler-Erzäh-
lungen von Dr. West-Buch-
berg, brosch. M. 9.—, geb.
M. 12.—. **Kris Drucksais:**
Als Baumgart am Herr-
gottsgarten, broschiert M.
12.—, gebunden M. 15.—.
Auf alle Preise 10% Sor-
timentszuschlag.

Sieben erschienen:
A. v. Scanzoni: Die Aus-
schreibungen d. Hyacinth-
Pfefferberger, F. v. Hof-
jagdbefehle f. reich illust.
von Prof. Ludwig Gohlwein.
In Prachtband M. 20.—
netto Durch Buchhandlungen
oder durch den Verlag

J. C. Mayer, G. m. b. H.
München, Briennerstr. 9.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die
angewandte Zoologie

als wirtschaftlicher, medizinisch-hygienischer
und kultureller Faktor

Von

Prof. Dr. J. Wilhelmi

wissenschaftlichem Mitglied der Landesanstalt für Wasserhygiene
Berlin-Dahlem

1919 — Preis M. 5.—

Hierzu Teuerungszuschlag

Jeder Waidmann und
Kynologe, der kein



Schießer

ist und dem Jagd- und Neu-
aufbau vorzüglich er-
scheinen, abonnieren sofort
bei seinem Postamt auf
die älteste deutsche Jagd-
zeitung (reich illustriert)
„Der Deutsche Jäger“,
München, Briennerstr. 9.
Monatl. M. 4.25, viertel-
jährlich M. 12.75. Für
fachliche und allgemeine
Anzeigen besonders wir-
kungsvooll. Mitarbeiter
allorts gesucht.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

22. Juli 1921.

Heft 29.

Bemerkungen zur Stellung der Kristalle in der Reihe der Feinbautypen.

Von F. Rinne, Leipzig.

I.

Das Wesen der Kristalle läßt sich nur unter Berücksichtigung der Erkenntnis des Zusammenhanges ihres Feinbautypus mit dem der niederen Baustufen der Materie völlig würdigen. Der Kristallograph darf sich also des allgemeinen leptonologischen Studiums der Stoffe nicht enthalten. Hängt doch die Art der sich bildenden Kristalle (ihre „Modifikation“, Flächenbegrenzung und evtl. Zwillingsbildung) sicherlich mit molekularen „Vorformen“ der Kristallisation zusammen, deren Kenntnis ein zwar noch fernes, aber eines der wichtigsten Ziele der Kristallographie vorstellt; und ist doch der fertige Kristall lediglich der sichtbare Ausdruck massenhaft versammelter leptonischer Bauteile und ihrer Aggregationsart. Nicht minder stehen die Vorgänge des Wachstums, der Auflösung, des sonstigen chemischen und des physikalischen Verhaltens der Kristalle damit im Zusammenhang.

In dem Sinne sei im folgenden vom Standpunkte der Kristallographie ein kleiner Ausschnitt einschlägiger Verhältnisse, und zwar eine *allgemein gehaltene Systematik der leptonischen Gebilde und der Umstand ihrer Baufestigkeit in Beziehung zu denen der Kristalle* in kurzem Überblick betrachtet¹⁾.

II.

1. Von den Objekten der Feinbaulehre, den Elektronen, Atomen, Ionen, Molekülen und Kristallen ist das niederste Glied in seinem Bauschema noch nicht ergründet; auch beschränkt sich die gesicherte systematische Erfahrung dieser Staffel der Materie auf die eine Art e^- .

Hingegen stellt sich die Lehre vom Typus der Atome bereits geradezu als eine besondere, ausgedehnte Wissenschaft dar. Sie fußt feinbaulich auf einem architektonischen Schema, wonach die Zugehörigen zu dieser Bauform einen Verband zweier Baugruppen vorstellen, welche hier die Kernsphäre (Kokkosphäre) K und die Hüllsphäre (Perisphäre) P genannt seien. Erstere wird bekanntermaßen als Aggregat positiver und negativer Elektronen mit einem Überschuß ze^+ aufgefaßt, wobei also z die Ladung der Kernsphäre

kennzeichnet, während das andere Radikal, die Perisphäre, ein System negativer Elektronen vorstellt. Die Erfahrungen über solche Doppelbauten aus einem positiven Kern und negativen elektronischen Trabanten ergeben, wie bekannt, eine systematische Mannigfaltigkeit von $z=1$ bis 92 mit Lücken bei $z=43, 61, 75, 85$ und 87. Jedem Gliede dieser Serie kommt durch die Ordnungszahl z ein numerierter Platz zu; keins kann im Sinne der Reihungsvollständigkeit entbehrt werden, anderseits lassen sich auch keine Einschübe machen. Es liegt hier also ein nach Einheiten von z gegliedertes, bis zu $z=92$ wenn auch noch lückenhaft bekanntes System vor. In dieser Platzbeanspruchung an ganz bestimmter Stelle einer Reihe, also im Umstande der *Monotopie*, liegt, so erscheint es mir, das Kennzeichen einer jeden Atomart und das Wesen eines chemischen Elementes.

Die Exaktheit dieser Systematik leidet durchaus nicht durch eine gewisse physiologische Breite der Natur der Atome; unter Erhaltung der durch ze^+ gekennzeichneten Monotopie bringt es die Zusammengesetztheit der Kern- und der Hüllsphäre mit sich, daß im Rahmen jeder Atomart Atomunterarten auftreten können. Sie beruhen einerseits auf Verschiedenheiten in der Masse des Kerns; das charakterisiert die durch abweichende Atomgewichte sich unterscheidenden Isotopen der Fajansschen Plejaden. Sie stellen sich als heterobare Glieder einer und derselben, durch bestimmtes z gekennzeichneten Atomart dar. Hingegen unterscheiden sich andere Subspezies, wie bekannt, durch die Zahl der Elektronen in der Perisphäre, und da diese Feinstbauteilchen praktisch gewichtslos sind, so kann man in der Hinsicht solche Gegenstücke der heterobaren Unterarten als isobare (oder doch anchiisobare, fast gleichgewichtige) bezeichnen. Unter ihnen werden die neutralen von den geladenen unterschieden.

Bedenkt man, daß die üblichen stofflichen Eigenschaften der Materie ihren „Sitz“ in der Perisphäre haben, so ist verständlich, daß die anchiisobaren Atomunterarten sich chemisch unterscheiden, was bei den heterobaren nicht der Fall ist; sie weichen voneinander nur in den Masseigenschaften ab, etwa bezüglich der Diffusion oder der Ablenkbarkeit im elektrisch-magnetischen Felde, wie es die Astonischen Versuche so überaus anschaulich erwiesen haben.

2. Der nächsthöhere Typus der Baureihe, die Staffel der Moleküle, birgt in sich eine außerordentlich viel größere Freiheit der Aggregation als sie bei den niederen Typen statt hat. Wäh-

¹⁾ Die Darlegungen stehen als Weiterführung in Beziehung zu einem kleinen Werk des Verfassers: F. Rinne, Die Kristalle als Vorbilder des feinbaulichen Wesens der Materie. Gebr. Borntraeger, Berlin, Schöneberger Ufer 12a, 1921.

rend die Atomarten im Rahmen eines einzigen Bauschemas, nämlich der Gliederung in Kern und Hülle, sich soweit entwickeln, als es die baulich stets waltenden Stabilitätsbedingungen gestatten; bezeugt schon der unermeßliche Reichtum an chemischen Verbindungen eine entsprechend große Mannigfaltigkeit der Aggregationsart im Molekül. Dieser reiche Wechsel der allgemeinen Bauweise ist gegenüber den niederen Staffeln charakteristisch.

3. Dem schließt sich das Endglied der in Rede stehenden Bauweise, der Kristall, an. Er nimmt die Fülle der baulichen Erscheinungen bei Atomen und Atomkomplexen gewissermaßen in sich auf und verkettet sie jeweils weiter zu einer erhöhten physikalisch-chemischen Einheit in der für ihn charakteristischen dreidimensionalen Periodizität des Raumgitters. Diese für die niederen Typen im Falle zu geringer Anzahl gleicher Partikel in der Einheit nicht mögliche Aggregierungsform bringt die Beschränkung des kristallographisch-feinbaulichen einfachen Rhythmus auf die 2-, 3-, 4- sowie 6-Zahl und auf eine oktantenweise dreizählige Anordnung im Kristallbautypus mit sich.

III.

1. Der Verschiedenheit im allgemeinen Bau der Elektronen, Atome, Moleküle und Kristalle muß natürlich eine grundlegende Bedeutung zugeschrieben werden für das Verhalten im physikalischen oder chemischen Felde. Je nach dem Grade der baulichen Festigkeit der Gebilde werden sich chemische Wandlungen an ihnen mehr oder minder leicht vollziehen, und zwar liegt in der Hinsicht von vornherein nahe, anzunehmen, daß mit zunehmender Komplikation sich eine im allgemeinen wachsende Bauunfestigkeit des Typus einstellt, wenn auch manche Spezialumstände modifizierend eingreifen. Damit ist im Einklang, daß die Architektur eines Elektrons unerschütterbar ist. Es sind solche Gebilde gewissermaßen uneroberte Festungen. Fast so liegt es beim Atomtypus, wenn auch seine Glieder den Generalnamen nicht ganz mit der Tat tragen. Die Hauptmasse eines Atoms, die Kernsphäre, erweist sich zwar nicht unteilbar, aber doch nur bei ganz gewaltiger Kraftanwendung einer Veränderung zugänglich; wie bekannt, ist es aller Wahrscheinlichkeit nach *Rutherford* durch ein mächtiges Bombardieren mittels He^{++} -Teilchen gelungen Stickstoffatome ^{14}N in 2H^+ und 4He^{++} zu zertrümmern; auf 100 000 Schuß kam aber nur ein wirksamer Treffer. Auch der radioaktive Zerfall erweist die Gliederungsfähigkeit des Atomkerns; alle Versuche, durch Eingriffe ändernd einzuwirken, versagten bislang, wohl an zu geringem Energieaufwand.

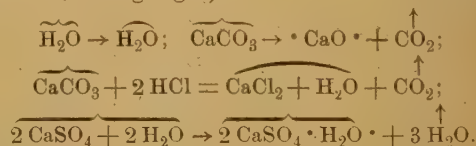
Es zeigt sich also, daß im Gegensatz zum Elektron ein wirklicher „Atomismus“ bei dieser feinbaulichen Staffel experimentell nicht besteht. Der Kern der Atome hat nur „Dystom“-Charakter.

Wesentlich anders verhält sich die Perisphäre der atomistischen Bauten gegen physikalische und chemische Faktoren: Abspaltungen von negativen Elektronen und andererseits Eingliederungen solcher, d. h. Umwandlungen von neutralen Atomen in Plus- oder Minusatomionen und umgekehrt sind sehr leicht zu bewerkstelligen. Auch sind ja nach der modernen physikalischen Vorstellung Lichtaussendung und Lichtabsorption feinbauliche Störungen der Hüllsphäre, insofern durch (wohl spiraligen) Übergang eines Elektrons aus einer stabilen Bahn in eine es auffangende andere und durch die damit verbundene Energiequantenab- oder -aufnahme diese optischen Vorgänge ins Werk gesetzt werden. Geringe Energieinanspruchnahmen gestatten also bereits bedeutsame anatomische Eingriffe in die Hüllsphäre des Atomkörpers, der im Bereiche der Perisphäre sich mithin als ein durchaus „eutomisches“ Gebilde erweist.

2. Über die Zergliederung oder auch Aggregation der Moleküle und ihren Umbau durch Substitution hier Eingehendes zu vermerken, erübrigt sich; ist dies doch das allbekannte Hauptthema der Chemie. Die unabsehbare Fülle der hierher gehörigen Erscheinungen zeigt, wie solche Eingriffe, wenn auch mit wechselndem Energieaufwand, im allgemeinen mit verhältnismäßig großer Leichtigkeit vollzogen werden können, sei es im physikalischen Felde etwa durch Erhöhung der Temperatur oder durch stofflichen Einfluß.

Daß bei den Substitutionen sich Vorgänge abspielen, bei denen der leptonische Grundbauzug erhalten bleibt, also das Molekülgebilde nur örtlich durch Materialaustausch umgestaltet wird, macht diese Art chemischer Wandlung als Bekundung einer Zwischenart feinbaulicher Festigkeit besonders interessant.

3. Beim kompliziertesten Gliede der chemischen Bauweise, den Kristallen, schließlich tritt als im allgemeinen herrschender Charakterzug die Möglichkeit einer besonders leichten Zerlegung in niedere Baustufen beim Vorgange chemischer Veränderungen unter dem Einfluß physikalischer oder chemischer Faktoren heraus. Es ist bei ihnen also gewissermaßen üblich, daß der kristalline Bau durch solche Anstöße, wenn er in Änderung eintritt, in sich zusammenstürzt. Die Bauteilchen verlassen dann den Zustand dreidimensionaler Periodizität und gehen in die niederen Staffeln freier (nicht raumgittermäßig) verbundener Leptonen über. Evtl. baut sich ein Rest zu neuer kristalliner Art auf. Als Beispiele mögen etwa dienen die Vorgänge²⁾:



²⁾ Zur Kennzeichnung des kristallinen Zustandes von Stoffen ist hier das kristallographische Zeichen \sim benutzt, für den amorph festen Zustand \cdot , für den Flüssigkeitscharakter \neg und für den Gasfall \uparrow .

Nur ausnahmsweise verbleibt der kristalline Zustand des Ausgangskörpers nach Analogie der molekulartigen Abgliederungen und Substitutionen erhalten. Das ist der Fall beim kristallographisch-chemischen Abbau und bei verwandten Erscheinungen, etwa der teilweisen Entwässerung von Zeolithen, Glimmern, bei der CO_2 -Fortnahme aus Parisit, der Basenentfernung und beim Basenaustausch in Zeolithen, die wie der Abbau von Biotit oder eine Entwässerung von Brucit auch interessante Übergänge zum Normalfall der Stufenerniedrigungen in obigem Sinne liefern.

IV.

So läßt sich also im allgemeinen Überblick der gesamten Bauweise in der Tat bekunden, daß der wachsenden Komplikation eine zunehmende Baufestigkeitsschwächung des Bautypus entspricht. Die Kristalle stellen das Endglied einer Reihe dar, die mit der bislang unerschütterten Architektur der Elektronen beginnt und mit dem kristallinen als am meisten komplexen und als Bautypus schwächsten Gliede der Serie endet.

Diese allgemeine Sachlage schließt natürlich nicht ein Auf und Ab der Baufestigkeit innerhalb des Typus aus. In besonderer Deutlichkeit hebt sich das beim Atombau heraus, der, wie *Tertsch*³⁾ betonte, im anscheinend kristallographischen Rhythmus der Elektronenzahl vom He ($z=2$) ab gerechnet, jeweils an den Stellen $z=2+8+8+18+18+32^4)$ eine der chemisch besonders festen Atomarten (vom Edelgascharakter) vorführt. Die Bauteilchen schirmen sich dann gegen prächemische (physikalische) Deformation und damit gegen chemischen Wandel besonders günstig gegenseitig ab.

Auch bei den Molekülformen bringt eine Ab rundung des Baues eine solche Abschirmung gern mit sich. Als Beispiel mag CH_4 dienen, das wohl ein Typus leptonischen stabilen Tetraederbaues ist, gleich wie die Ringform von C-Aggregationen sich als recht baufestes Gebilde bekundet, so beim Benzol, dessen Kern durch so mannigfache chemische Umbildungen der Randteile des molekularen Baues hindurch sich erhält, oder beim so sehr festen Diphenyl, Anthrachinon u. a. m.

Ebenso wechselt die Baufestigkeit der Kristalle im einzelnen natürlich gleichfalls in weiten Grenzen. Dieselben Momente wie bei den Molekülen, also die Lagerung und damit die gegenseitige Schutzwirkung, spielen hier hinein. Der Diamant mit seinem geringen Minimalabstand von C zu C $= 1,53 \cdot 10^{-8}$ cm und schwerer chemischer Angreifbarkeit bietet sich als Beispiel stabiler, kompakter Lagerung dar, insbesondere als Gegenstück

zum leichter oxydierbaren Graphit. Zwar hat letzterer in seinen leptonischen Ringstücken sogar C zu C-Maße von nur $1,45 \cdot 10^{-8}$ cm, indes andererseits eine verhältnismäßig große Weite der Verknüpfung zwischen Ring und Ring von $3,45 \cdot 10^{-8}$ cm, während beim Diamant (in entsprechender trigonaler Aufstellung gedacht⁵⁾) Ringplatten in den Abständen 0,51 und sodann $1,53 \cdot 10^{-8}$ cm aufeinander folgen. Hinsichtlich der so sehr interessanten Schirmwirkung bei Metallen sei auf die Studien von *G. Tammann*⁶⁾ verwiesen.

Die Radikale in der älteren und in der modernen organischen Chemie.

Von Hans Lecher, München.

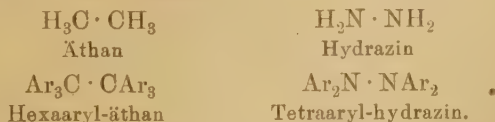
(Schluß.)

IV. Der zweiwertige Stickstoff.

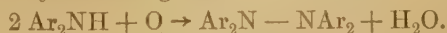
20. Trotzdem der Kohlenstoff durch eine sehr geringe Veränderlichkeit seiner Wertigkeit charakterisiert ist, da er in der erdrückenden Mehrzahl seiner Verbindungen vierwertig fungiert, sind freie Radikale existenzfähig, welche Kohlenstoff von der abnormalen Valenz 3 enthalten. Nun kennen wir eine große Anzahl von Elementen, deren Wertigkeit sehr variabel ist; bei diesen war das Auftreten ungewöhnlicher Valenzstufen in freien Radikalen noch eher zu erwarten als beim Kohlenstoff.

Besonders die Chemie des Stickstoffs verlockte durch ihren bekannten Reichtum an interessanten Verbindungsformen zu einer Untersuchung, ob Radikale mit Stickstoff von abnormaler Wertigkeit existenzfähig sind. Der Stickstoff begegnete dem Organiker dreiwertig und fünfwertig. Daß er auch zweiwertig und vierwertig auftreten kann, zeigen Stickoxyd $\text{N}=\text{O}$ und Stickstoffdioxid $\text{N} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{smallmatrix}$. Es ist nun Wieland gelungen, in einer Reihe schöner Untersuchungen zu zeigen, daß es auch freie organische Radikale mit zweiwertigem (35) und vierwertigem Stickstoff gibt.

21. Das formale Stickstoffanalogon des Äthans ist das Hydrazin:



Den Hexaaryläthanen entsprechen formal die Tetraarylhydrazine, welche man durch Oxydation von Diarylaminen gewinnt:



In Parallele zum Hexaphenyläthan ist also das Tetraphenylhydrazin zu setzen:

⁵⁾ *F. Rinne*, Über die Modifikationen kristalliner Stoffe. „Die Naturwissenschaften“ 1919, S. 503, Fig. 7/8.

⁶⁾ *G. Tammann*, Die chemischen und galvanischen Eigenschaften von Mischkristallen und ihre Atomverteilung. Leipzig, L. Voß, 1919.

³⁾ *H. Tertsch*, Anmerkungen zur röntgenographischen Erschließung der Kristallstruktur, Festschrift C. Doelter 1920.

⁴⁾ $18 = 6 + 12$; $32 = 8 + 24$. (6 entspricht den Würfelflächen, 8 denen des Oktaeders, 12 denen des Rhombendodekaeders, 24 denen eines Pyramidenwürfels.)



Das *Tetraphenylhydrazin* selbst dissoziiert aber erst bei ca. 90° in „*Diphenylstickstoff*“-Radikale:



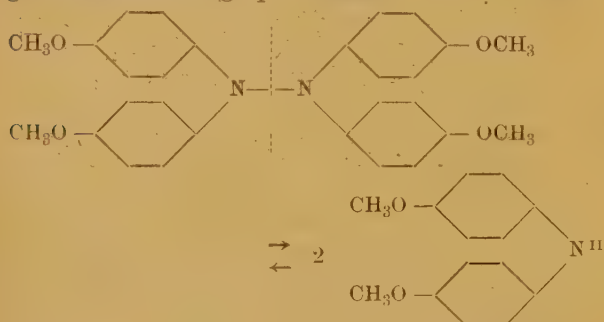
Bei dieser Temperatur verändert sich der Diphenylstickstoff sehr rasch, so daß an einen exakten Nachweis der Dissoziation nicht zu denken war. Es mußte also nach stärker dissoziablen Hydrazinen gesucht werden.

Das *Tetrabiphenyl-hydrazin*



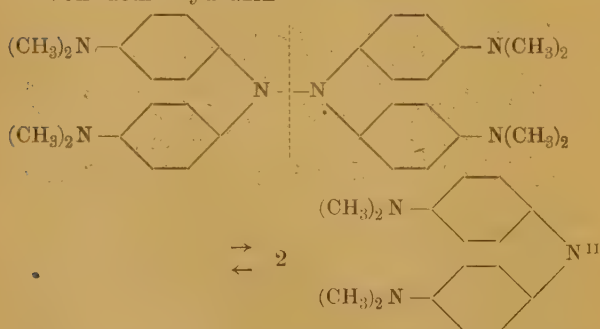
zeigte zumindest keine erhöhte Tendenz zur Dissoziation, verhält sich also ganz anders wie die durch Biphenyl substituierten Äthane.

Dagegen brachte die Einführung von Methoxylgruppen¹⁾ und basischen Gruppen in die Benzolkerne des Tetraphenylhydrazins den gewünschten Erfolg. Das *p-Tetraanisyl-hydrazin*²⁾ von *Wieland* und *Lecher* (1912) war die erste Verbindung, welche in Lösung schon bei Zimmertemperatur teilweise in Radikale mit zweiwertigem Stickstoff II gespalten ist:



Das feste Hydrazin ist farblos, die Lösungen sind durch das Radikal hellgrün gefärbt. Die Dissoziation ließ sich mittels des Piccardschen Versuches (s. o. unter 11) nachweisen:

Von dem Hydrazin

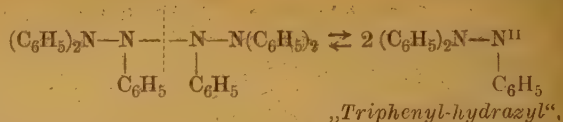


sind bei 5° in Benzollösung ca. 10 %, in Nitrobenzollösung ca. 20 % dissoziiert. Hier konnte die *Spaltung auch durch Molekulargewichtsbestimmung nachgewiesen* werden. Die feste Substanz ist farblos, die Lösung in Benzol ist intensiv gelb.

22. Noch stärker scheint die nachstehend formulierte Verbindung, welche von *S. Goldschmidt* (86) dargestellt wurde, zu dissoziieren:

¹⁾ Methoxyl = $\text{CH}_3\text{O}-$.

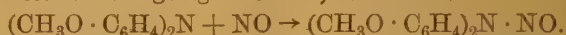
²⁾ Anisyl = $\text{CH}_3\text{O} \cdot \text{C}_6\text{H}_4-$.



Die feste Verbindung ist farblos, die Lösungen sind durch das Radikal blau gefärbt.

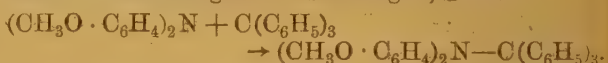
23. Wie alle freien Radikale sind auch die beschriebenen Stoffe mit 2wertigem Stickstoff sehr reaktionsfähig; aber ihre Reaktionsfähigkeit äußert sich in anderer Richtung als beim Triphenylmethyl.

Diarylstickstoff-Radikale reagieren *nicht* mit Sauerstoff. Dagegen ist typisch ihre leichte und glatte Vereinigung mit NO; z. B.:



Triphenylmethyl andererseits vereinigt sich lebhaft mit Sauerstoff, während die Additionsverbindung mit NO recht labil ist und leicht wieder zerfällt (37).

Da zwei Gruppen, die sich in ihren Verwandtschaftsverhältnissen so verschieden verhalten, meist zueinander große Affinität besitzen, vereinigen sich Triphenylmethyl und Diarylstickstoff zu beständigen Verbindungen, z. B.:

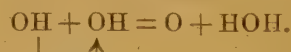


24. Schon *Berzelius* (38) hatte die Prognose gestellt, daß freie Radikale recht veränderlich sein würden:

„Vielleicht liegt es in der organischen Zusammensetzung, daß viele oder die meisten Körper, die man hier als Radikale betrachten kann, so beschaffen sind, daß eine Substitution der negativen Elemente, womit sie sich verbinden, wohl möglich ist; daß aber, wenn man das Atom oder die Atome des negativen Elements ohne Ersetzung wegnimmt, in dem Radikal die einfachen Atome nicht länger ihre relative Lage beibehalten können, sondern sich auf andere Weise umlagern, so daß das Radikal aufhört zu existieren.“

Die moderne Chemie hat diese Prognose bestätigt: die bekannten freien Radikale zersetzen sich meist ziemlich rasch. *Wieland* (39) hat im Verlauf seiner Untersuchung über den zweiwertigen Stickstoff betont, daß diese *Selbstzersetzung freier Radikale* meistens in einer *gegenseitigen Oxydation und Reduktion* besteht.

Bei der Elektrolyse von Alkalien geht das OH-Ion an die Anode, wird dort entladen und bildet so das Radikal OH; dieses zersetzt sich aber sofort in Wasser und Sauerstoff, indem ein Radikal ein anderes reduziert:



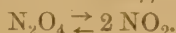
Auch Triphenylmethyl (40) und Dianisylstickstoff zersetzen sich in prinzipiell gleicher Weise.

25. Radikale mit 2wertigem *Phosphor* oder *Arsen*, welche in der Stickstoffgruppe des periodischen Systems stehen, wurden noch nicht beobachtet. Das dem Tetraphenyl-hydrazin analog ge-

baute Tetraphenyl-diarsin $(C_6H_5)_2As-As(C_6H_5)_2$ dissoziiert nicht [Schlenk (41)].

V. Der vierwertige Stickstoff.

26. Das farblose Stickstofftetroxyd dissoziiert mit steigender Temperatur in zunehmendem Maße in rotbraunes Stickstoffdioxyd:

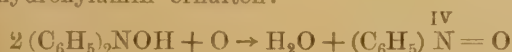


Unter 0° existiert nur N_2O_4 , über 150° nur NO_2 , dazwischen sind die beiden Stoffe im Gleichgewicht. Das NO_2 wird als Radikal mit 4wertigem Stickstoff $N = \overset{0}{\underset{0}{O}}$ formuliert.

Die anorganische Chemie kennt ferner die in Lösung blauviolette Verbindung (42) $\begin{smallmatrix} KO_3S \\ KO_3S \end{smallmatrix} N=O$; nach Hantzsch (43) ein Radikal mit 4wertigem Stickstoff, welches im festen Zustande wie N_2O_4 verdoppelt und daher nur gelb ist.

Eine organische, komplizierte Verbindung, die wahrscheinlich 4wertigen Stickstoff enthält, wurde 1901 von Piloty (44) beschrieben.

Das erste organische Radikal mit 4wertigem Stickstoff^{IV}, dessen Struktur klar ist, wurde von Wieland (45) 1914 durch Oxydation von Diphenylhydroxylamin erhalten:



Diphenylhydroxylamin

Diphenylstickstoffoxyd

Das Diphenylstickstoffoxyd bildet tiefrote Kristalle, die sehr zersetzlich sind. Es erwies sich als völlig monomolekular; auch bei tiefer Temperatur (—60°) tritt anscheinend keine Vereinigung zweier Radikale ein.

Das von Wieland (46) später dargestellte dunkelrote Radikal



ist viel beständiger.

Auf anderen Wegen ist Kurt H. Meyer (47) zu sehr stabilen organischen Radikalen mit 4wertigem Stickstoff gelangt, von denen hier als Beispiel das Dianisylstickstoffoxyd genannt sei, welches wie Kupferbronze gefärbt ist:

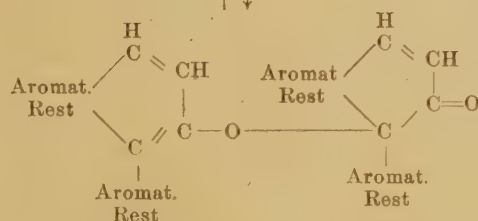
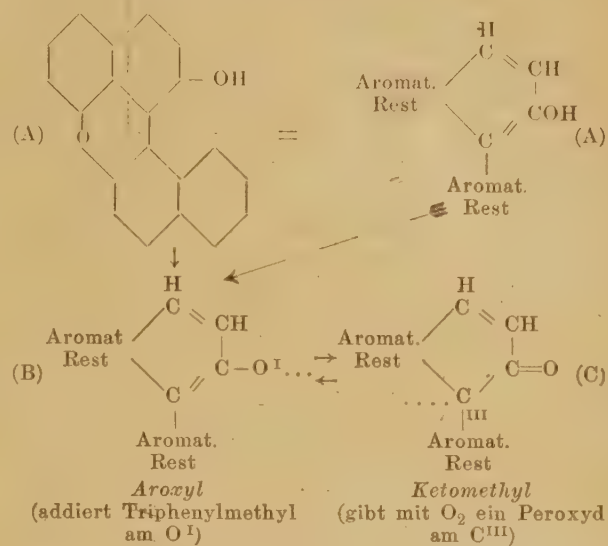


VI. Die Frage des einwertigen Sauerstoffs und des einwertigen Schwefels.

27. Aroxyl (= Aryl-sauerstoff ArO). — Die Existenz von Radikalen mit 1wertigem Sauerstoff konnte noch nicht so exakt bewiesen werden wie das Bestehen der bisher besprochenen Radikale. Die Sauerstoffverbindungen, welche den Hexaaryl-äthanen und Tetraaryl-hydrazinen

analog gebaut wären, die Diaryl-peroxyde $ArO-OAr$, sind nicht bekannt.

Bei der Oxydation gewisser OH-Verbindungen der Naphthalinreihe erhielt aber Pummerer (48) Produkte, welche in Lösung wahrscheinlich Sauerstoffradikale liefern. Oxydiert man z. B. die Verbindung A¹⁾, so entsteht wahrscheinlich zunächst ein Radikal



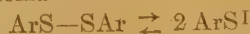
mit 1wertigem Sauerstoff^I („Aroxyl“, B). Dieses lagert sich aber um zu einem Radikal mit 3wertigem Kohlenstoff^{III} („Ketomethyl“, C), mit welchem es in der violetten Lösung im Gleichgewicht ist. Da nun gleichartige Radikale (B mit B oder C mit C) sich weniger gern vereinigen wie die ungleichartigen (B mit C), so ist die undissoziierte Verbindung aus einem Sauerstoffradikal und einem Kohlenstoffradikal in der skizzierten Weise zusammengesetzt; ebenso natürlich auch die kristallisierte Substanz, welche sich aus einer solchen Lösung abscheidet. Die teilweise Dissoziation in Lösung ist durch den Piccardschen Versuch (s. unter 11) und Molekulargewichtsbestimmung nachgewiesen.

Infolge dieser komplizierten Verhältnisse konnte man hier die Eigenschaften des 1wertigen Sauerstoffs nicht gut studieren, weil immer daneben auch 3wertiger Kohlenstoff in der Lösung war. Das Sauerstoffradikal vereinigt sich

¹⁾ Zur Erleichterung des Verständnisses wird die wesentliche Atomgruppe aus dem komplizierten Molekül in der skizzierten Weise herausgeschält.

(analog wie der 2wertige Stickstoff) mit Triphenylmethyl; das Kohlenstoffradikal gibt mit Sauerstoff ein Peroxyd (analog aber viel träger als Triphenylmethyl).

28. *Diaryl-disulfide*. — Im Gegensatz zu den noch unbekannten Diaryl-peroxyden $\text{ArO}-\text{OAr}$ sind zahlreiche *Diaryl-disulfide* $\text{ArS}-\text{SAr}$ seit langem bekannt. Die Frage, ob diese Verbindungen in Radikale mit 1wertigem Schwefel I nach dem Schema



dissoziieren können, wurde vom Verfasser (49) an den einfachsten Vertretern der Körperklasse geprüft. Die Bindung zwischen den beiden Schwefelatomen ist bei höherer Temperatur zweifellos gelockert und besonders reaktionsfähig, doch findet eine Dissoziation *nicht* statt.

Da bei diesen Stoffen nur eine geringfügige partielle Dissoziation zur Diskussion stand, konnte sie durch Ermittlung des normalen Molekulargewichts und negativen Ausfall des *Piccard*-Versuches nicht ausgeschlossen werden. Verfasser hat deshalb eine neue Methode angewendet, welche es auch in vielen analogen Fällen gestatten wird, die Möglichkeit einer Radikaldissoziation exakt auszuschließen.

Es wurde festgestellt, daß sich zwei symmetrisch gebaute Disulfide unter bestimmten Versuchsbedingungen *nicht* zu dem entsprechenden gemischten Disulfid umsetzen:

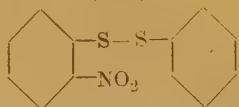


Andrerseits lieferte auch das gemischte Disulfid unter gleichen Bedingungen *nicht* die beiden symmetrischen. Durch den Versuch ist bewiesen, daß das gemischte Disulfid *nicht* in Radikale mit 1wertigem Schwefel I partiell dissoziiert ist:



Denn wäre dies der Fall und würden auch beide symmetrischen Disulfide dissoziieren, so würden sie die gleichen Radikale liefern, und es müßte ein Gleichgewichtszustand α) erreicht werden, gleichgültig ob man von dem linken oder rechten System der Gleichung (α) ausgeht; dies ist aber nicht der Fall. Würden endlich ein oder beide symmetrischen Disulfide gar nicht dissoziieren, so müßten sich aus $\text{AS}-\text{SB}$ gebildete Radikale zu der nicht dissoziablen symmetrischen Anordnung vereinigen, d. h. es müßte das rechte System von (α) ins linke übergehen; auch dies geschieht nicht.

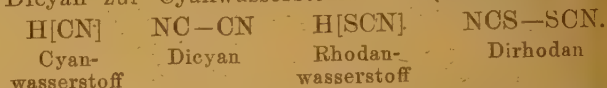
Auf diese Weise wurde gezeigt, daß die Verbindung



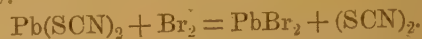
in Benzollösung bis 200° *nicht* dissoziiert.

29. *Rhodan*. — Vor einigen Jahren hat *Söderbäck* (50) eine Verbindung dargestellt, welche

sich zur Rhodanwasserstoffsäure so verhält wie Dicyan zur Cyanwasserstoffsäure (Blausäure):

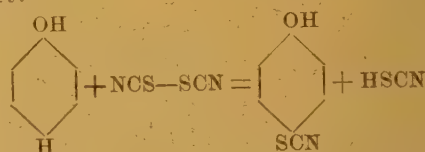


Das *Dirhodan* wird z. B. erhalten, wenn man Bleirhodanid mit Brom in Schwefelkohlenstoff umsetzt:



Es kristallisiert bei tiefer Temperatur aus der Schwefelkohlenstofflösung farblos aus und ist im festen Zustand nur bei tiefer Temperatur einigermaßen beständig. Die farblosen Lösungen sind etwas besser haltbar.

Das *Dirhodan* ist eine äußerst interessante Verbindung. Es ist sehr reaktionsfähig und reagiert ganz nach Art *freier Halogene*; dabei ist der Schwefel der Rhodangruppe der Angriffspunkt, es entstehen Rhodanide. Mit vielen Elementen gibt so das *Dirhodan* Rhodanide, welche den Halogeniden entsprechen. Sogar *Gold* wird in eine *Rhodanverbindung* verwandelt; eine typisch-halogenartige Reaktion! Ferner kann man z. B. Phenol „rhodanieren“, d. h. man kann durch Einwirkung von *Dirhodan* Rhodan in den Benzolkern einführen, so wie man z. B. mit Chlor Chlor einführt:



Die außerordentliche Reaktionsfähigkeit an der Schwefelbrücke legt natürlich den Gedanken einer Dissoziation in freie Rhodanradikale mit 1wertigem Schwefel I nahe:



Leider hat *Söderbäck* diese Frage nicht experimentell entschieden. Da das *Dirhodan* aber wie ein Halogen reagiert und die Halogene ein zweiatomiges Molekül, z. B. $\text{Cl}-\text{Cl}$, haben, so bevorzugt *Söderbäck* die biradikale Formel für dieses „zusammengesetzte Halogen“. Es wird dadurch in Gegensatz gestellt zu dem „zusammengesetzten Metallatom“ Triphenylmethyl, welches wie Natrium einatomig auftritt.

Verfasser (51) gibt auch der verdoppelten Formel den Vorzug; er glaubt, die große Halogenähnlichkeit rühre daher, daß die beiden Schwefelatome des *Dirhodans* durch eine gleiche Elektronen-anordnung verbunden sind wie die beiden Chloratome im Chlormolekül.

VII. Rückblick und Ausblick.

30. Durch die Entdeckung wahrer freier Radikale hat also die „ältere Radikaltheorie“ eine Auferstehung gefeiert. *Es gibt in manchen Verbindungen wirklich besonders fest gefügte Atomgruppen, welche als Dissoziationsprodukte solcher Verbindungen frei auftreten können. Da wir aber heute die organischen Moleküle aus den Atomen*

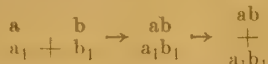
konstruieren können, haben die Radikale als „Mauern“ des Molekülbaues weniger Interesse für uns. Sie werden erst interessant, wenn sie uns frei begegnen. Deshalb definiert *Wieland* (52) jetzt „Radikal“ als „freien ungesättigten Komplex von atomartigem Charakter und von abnomaler Valenzzahl“.

31. Diese modernen Radikale reizen den Experimentator durch die mannigfachen Schwierigkeiten, welche ihre Isolierung und Untersuchung bietet. Es wäre aber ganz verfehlt, sie nur als gewissermaßen exotische Pflanzen des organisch-chemischen Treibhauses zu betrachten. Wir erhoffen vielmehr von einer gründlichen Untersuchung der Radikale zweierlei: eine Klärung der *Valenzprobleme* und Aufschlüsse über den *Verlauf organischer Reaktionen*.

32. Wir müssen leider gestehen, daß die beobachteten Zusammenhänge zwischen Konstitution und Neigung zur Radikaldissoziation nicht befriedigend erklärt sind. Wir sind auch noch nicht so weit, mit einiger Sicherheit prognostizieren zu können, ob ein neuer Verbindungstyp dissoziieren wird oder nicht.

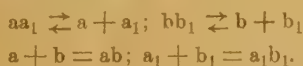
Die neuen Entdeckungen der Physik und physikalischen Chemie, neue Vorstellungen über die Valenz, wie sie z. B. in dieser Zeitschrift (53) *Kossel* entwickelt hat, werden auch hier Impulse zur Deutung der Valenzprobleme geben.

33. In der Literatur finden wir zwei prinzipiell verschiedene Ansichten über den Verlauf organischer Reaktionen. Nach der einen entsteht bei der Wechselwirkung zweier Moleküle zunächst eine *Additionsverbindung*, welche dann — wofern sie nicht selbst beständig und Reaktionsprodukt ist — in anderem Sinne wieder zerfällt. Diese Vorstellung wurde von *Kekulé* (54) eingeführt, welcher die Ansicht „als existierten die Atome und Radikale während des Austausches, während sie gewissermaßen unterwegs sind, in freiem Zustand“ für „offenbar irrig“ erklärte; er stellte das folgende Reaktionsschema auf:



Die Annahme von intermediären Additionsprodukten wurde in der Folge für viele Reaktionen als zutreffend erkannt.

Nach der anderen Ansicht befinden sich die Moleküle in einem Gleichgewichtszustand mit Dissoziationsprodukten; die Umsetzung zweier Molekülarten beruht auf einer Addition dieser ihrer Dissoziationsprodukte:



Diese *Dissoziationstheorie* ist besonders von *J. U. Nef* (55) in sehr einseitiger und deshalb nicht erfolgreicher Weise vertreten worden. Die Entdeckungen freier organischer Radikale haben indes bewiesen, daß das *Nefsche* Schema sicher für manche Reaktionen der zutreffende Ausdruck ist.

Ich bin der Ansicht, daß die überwiegende Anzahl jener Umsetzungen, welche nicht Ionenreaktionen sind, nach *Kekulé's* Schema geschieht und daß ein intermediäres Auftreten von Radikalen relativ selten erfolgt. Auf dem Papier läßt sich wohl jede Reaktion mit Radikalen als Zwischenprodukten ausführen; derartige Annahmen haben aber geringen Wert, wenn sie nicht exakt experimentell fundiert sind oder zu neuen experimentellen Entdeckungen führen. Gerade unsere Bekanntschaft mit wirklichen freien Radikalen regt dazu an, den Verlauf wichtiger Reaktionen durchs *Experiment* zu klären.

Literatur.

Zur näheren Orientierung sind geeignet:

Edv. Hjelt, Geschichte der Organischen Chemie, Braunschweig 1916.

J. Schmidlin, Das Triphenylmethyl, Stuttgart 1914.

F. Henrich, Theorien der Organischen Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1921.

A. = Annalen der Chemie; B. = Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

1. Oeuvres de *Lavoisier*, Paris, Imprimerie Impériale 1864, t. 1, Traité Élémentaire de Chimie, p. 139, 147.

2. Comptes Rendus 5, 567 (1837).

3. Annales de Chimie [1], 95, 172 (1815).

4. A. 3, 249 (1832).

5. A. 24, 271 (1837); 31, 175 (1839); 37, 1 (1841); 42, 14 (1842); 46, 1 (1843).

6. A. 75, 218; 76, 30 (1850).

7. A. 9, 18 (1834).

8. Annales de Chimie et de Physique (2) 37, 15 (1828).

9. Jahresbericht von *Berzelius* 12, 303 (1833).

10. A. 1, 189 (1832).

11. Annales de Chimie et de Physique (2) 56, 113 (1834).

12. A. 104, 143 (1857).

13. A. 69, 257 (1849).

14. A. 71, 171 (1849).

15. B. 33, 3150 (1900).

16. B. 41, 2471 (1908).

17. A. 381, 347 (1911).

18. Ann. d. Physik 86, 78 (1852).

19. Z. B. *Gomberg*, B. 34, 2731 (1901); B. 37, 2037 (1904); Chem. Centralblatt 1918 I, 269. *Schlenk*, A. 394, 178 (1912).

20. B. 35, 1196 (1902).

21. B. 35, 2018 (1902).

22. A. 372, 11 (1910).

23. B. 47, 1665 (1914).

24. Ztschr. f. phys. Chemie 43, 443 (1903).

25. B. 44, 2557 (1911).

26. A. 368, 295 (1909); A. 372, 1 (1910); A. 394, 185 (1912).

27. B. 37, 1637 (1904); Chem. Centralblatt 1918 I, 269; 1920 I, 259.

28. A. 394, 185 (1912).

29. Journ. f. prakt. Chemie (2) 88, 505 (1913).

30. *Gomberg*, Chem. Centralblatt 1916 I, 470.

31. A. 266, 1 (1891).

32. B. 44, 1182 (1911); 46, 2840 (1913); 47, 486 (1914).

33. B. 44, 1179 (1911).

34. B. 53, 173 (1920); B. 52, 2165 (1919).

35. A. 381, 200 (1911); 392, 127 (1912); B. 45, 2600 (1912); A. 401, 233 (1913); B. 48, 1078 (1915); B. 53, 1313 (1920).

36. B. 53, 44 (1920).

37. B. 44, 1170 (1911).

38. *Hjelt*, Geschichte, S. 78.

39. A. 381, 202 (1911).

40. *Schmidlin*, B. 45, 1344 (1912).

41. A. 394, 219 (1912).

42. *Fremy*, *Annales de Chimie et de Physique* (3) 15, 451 (1845).
43. B. 28, 2744 (1895).
44. B. 34, 1870, 2354 (1901).
45. B. 47, 2111 (1914).
46. B. 53, 210 (1920).
47. B. 52, 1476 (1919); 54, 327 (1921).
48. B. 47, 1472, 2957 (1914); 52, 1403, 1416 (1919).
49. *Lecher*, B. 48, 524, 1425 (1915); 53, 577 (1920).
50. A. 419, 217 (1919).
51. B. 54, 632 (1921).
52. B. 48, 1098 (1915).
53. 7, 339, 360 (1919); ferner *Ann. d. Physik* (4) 49, 229 (1916).
54. *Lehrb. d. organ. Chemie*, I. Bd., Erlangen 1861, S. 142.
55. Vgl. dessen zusammenfassenden Vortrag, *Journal of the American Chemical Society* 26, 1549 (1904).

Die Rotationsspektren der Gase.

Von G. Hettner, Berlin.

Die Spektren der Gase und Dämpfe teilt man in Serien- und Bandenspektren ein. Die Serienspektren bestehen aus einer Anzahl von Serien, d. h. gesetzmäßigen Folgen von Linien, die sich nach der kurzwelligen Seite des Spektrums hin gegen eine Seriengrenze häufen. Die Bohrsche Theorie, die eine umfassende Deutung dieser Spektren ergibt, ist in dieser Zeitschrift¹⁾ schon behandelt worden. Sie werden von den Atomen oder Atomionen ausgesandt, sind also stets charakteristisch für ein chemisches Element.

Im Gegensatz hierzu rühren die Bandenspektren von den Molekülen her und kommen dementsprechend sowohl bei Elementen wie bei Verbindungen vor. In der Deutung dieser Spektren sind schon einige Erfolge erzielt worden, so von *T. Heurlinger*, *W. Lenz* und anderen, aber von einer so umfassenden Theorie wie der Bohrschen ist hier noch nicht die Rede. Dementsprechend haben wir über den Bau der Moleküle viel geringere und unsicherere Kenntnisse als über den Bau der Atome.

Einen besonders einfachen und übersichtlichen Fall der Bandenspektren bilden die ultraroten Spektren der Gase. Das hierüber vorliegende Beobachtungsmaterial und der gegenwärtige Stand der Theorie soll im folgenden geschildert werden. Über die Methoden zur Beobachtung ultraroter Spektren ist in dieser Zeitschrift²⁾ schon berichtet worden. Es handelt sich bei den Gasen meistens um die Aufnahme von Absorptionsspektren, da die Intensität der Emissionsspektren zur Erzielung einer ausreichenden Dispersion im allgemeinen zu gering ist. Wie sehen nun die ultraroten Gasspektren aus? Da ergibt die Erfahrung zunächst die wichtige Tatsache, daß chemische Elemente überhaupt keine Absorption im Ultrarot besitzen³⁾. Wir werden es also im folgenden stets nur mit Verbindungen zu tun haben,

also mit Gasen, deren Molekül aus mindestens 2 ungleichen Atomen besteht. Das Spektrum eines solchen Gases zerfällt nun in 2 Gebiete verschiedenen Charakters. Das kurzwellige Gebiet besteht aus einzelnen verhältnismäßig schmalen voneinander getrennten Absorptionsbanden, der langwellige Teil dagegen bildet ein zusammenhängendes Absorptionsgebiet, das sich, zu einem Maximum ansteigend und dann wieder abfallend, über ein großes Wellenlängenintervall erstreckt. Die einzelnen Absorptionsbanden erwiesen sich bei genauerer Untersuchung vielfach als Doppelbanden, so daß anzunehmen ist, daß bei genügender Dispersion alle diese Banden doppelt erscheinen. Fig. 1 gibt ein Beispiel einer solchen Doppelbande. Die Absorptionsbanden liegen bei den untersuchten Gasen zwischen dem sichtbaren Gebiet und einer Wellenlänge von ca. 16 μ , das jenseits dieser Streifen liegende zusammenhängende Absorptionsgebiet ist bei den längsten zugänglichen Wellen von ca. 350 μ noch nicht beendet.

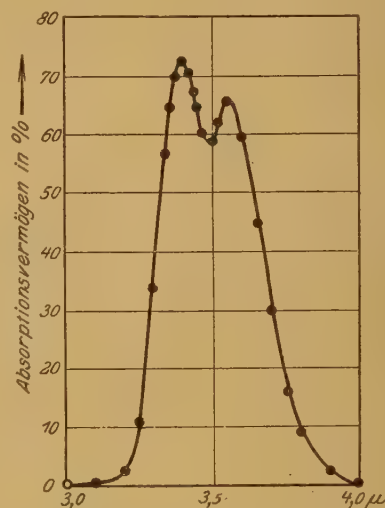


Fig. 1. Absorptionsbande von HCl. Nach Messungen von W. Burmeister.

Eine Deutung dieser Spektren hat zuerst *N. Bjerrum* gegeben. Er erklärte den langwelligen Teil des Spektrums durch die Rotation der Moleküle, die einzelnen Absorptionsbanden durch das Zusammenwirken dieser Rotation und der Schwingungen der Ionen im Molekül. Daher werden der erstere Teil des Spektrums als Rotationsspektrum (im engeren Sinne), die Banden als Rotationsschwingungsbanden bezeichnet. Betrachten wir zunächst ein zatomiges Gasmolekül, wie z. B. HCl, das aus einem positiven und einem negativen Ion (H^+ und Cl^-) besteht. Die Ionen selbst seien starr, wir können das Molekül also einfach aus 2 Massen mit einer positiven und einer gleich großen negativen Ladung gebildet denken. Wenn ein solches Molekül von äußeren Kräften nicht beeinflusst wird, kann es außer der fortschreitenden Bewegung, die hier

¹⁾ *P. S. Epstein*, diese Zeitschr. VI, 230, 1918.

²⁾ *W. Westphal*, diese Zeitschr. II, 621, 1914.

³⁾ Eine Ausnahme bildet das Ozon, bei dem aber besondere Verhältnisse vorliegen.

nicht in Betracht kommt, nur 2 Arten von Bewegungen ausführen, nämlich eine Rotation um eine zur Verbindungslinie der Ionen senkrechte Achse und eine Schwingung der Ionen in der Richtung ihrer Verbindungslinie. Bei beiden Bewegungen erfahren die elektrischen Ladungen Beschleunigungen, so daß elektromagnetische Energie emittiert und absorbiert werden muß.

Bleiben wir zunächst auf dem Boden der klassischen Theorie und sehen wir zu, was durch die Überlagerung von Rotation und Schwingung entsteht. Denken wir uns das starre Molekül in der xy -Ebene (Fig. 2) in 1 Sekunde ν_r Umdrehungen machen, so beschreibt jedes Ion einen Kreis. Ist R der Radius dieses Kreises

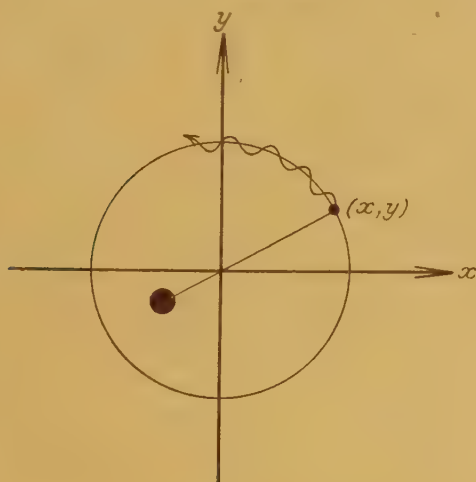


Fig. 2.

für eins der Ionen, so ist dessen Lage x, y zur Zeit t durch die Gleichungen:

$$x = R \cos 2\pi \nu_r t, \quad y = R \sin 2\pi \nu_r t \quad \dots (1)$$

gegeben. Wenn nun aber die Ionen gegeneinander schwingen, so ist R keine Konstante, sondern es ist:

$$R = R_0 + A \cos 2\pi \nu_s t, \quad \dots (2)$$

wo ν_s die Schwingungszahl, A die Amplitude der Schwingungen bezeichnet. Setzt man diesen Wert von R in (1) ein, so erhält man:

$$\begin{aligned} x &= R_0 \cos 2\pi \nu_r t + A \cos 2\pi \nu_s t \cos 2\pi \nu_r t \\ &= R_0 \cos 2\pi \nu_r t + \frac{A}{2} \cos 2\pi (\nu_s + \nu_r) t \\ &\quad + \frac{A}{2} \cos 2\pi (\nu_s - \nu_r) t \end{aligned}$$

und für y einen ganz ähnlichen Ausdruck. Es werden also Wellen emittiert und absorbiert von den Schwingungszahlen:

$$\nu_r, \quad \nu_s + \nu_r, \quad \nu_s - \nu_r \quad \dots (3)$$

Für eine bestimmte Rotationsfrequenz erhält man also 3 Spektrallinien. Da ν_r sehr viel kleiner als ν ist, liegt die eine von ihnen (ν_r) bei langen Wellen, die beiden anderen ($\nu_s \pm \nu_r$) dicht benachbart bei kurzen Wellen. Nun besitzen aber die Moleküle eines Gases nicht alle die gleiche Rotationsfrequenz ν_r , sondern es gilt

für diese wie für die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung des ganzen Moleküls das Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilungsgesetz. Dadurch wird die langwellige Linie zu einem ausgedehnten Spektralgebiet, dem Rotationsspektrum, auseinandergezogen, und aus den beiden kurzwelligen Linien entsteht eine nahezu symmetrische Doppelbande, die Rotationsschwingungsbande (Fig. 1), in völliger Übereinstimmung mit der Erfahrung.

Diese Betrachtung gilt zunächst nur für 2-atomige Moleküle, läßt sich aber sinngemäß auch auf Moleküle von 3 oder mehr Atomen übertragen.

Die meisten Gase besitzen nun nicht nur eine Rotationsschwingungsbande, sondern deren mehrere. Ihre Lage, die ja allein durch die Schwingungszahl ν_s bestimmt ist, befolgt bei jedem Gas eine sehr einfache Gesetzmäßigkeit. Es existieren nämlich eine oder mehrere durch große Intensität ausgezeichnete „Grundschrwingungen“ ν_1, ν_2, \dots ; die Schwingungszahlen aller anderen Banden, der „Kombinationsbanden“, lassen sich dann in der Form $p\nu_1 + q\nu_2 + \dots$ darstellen, wo p, q, \dots kleine ganze Zahlen sind. Bei 2-atomigen Gasen kann nur eine Grundschrwingung existieren. Wenn noch eine zweite Bande beobachtet ist, wie z. B. bei HCl, HBr, CO, so hat sie stets die doppelte Schwingungszahl, ist also die „Oktave“ der Grundschrwingung. Sind 2 Grundschrwingungen vorhanden, wie z. B. beim Wasserdampf, so können deren „Obertöne“ und die „Summationstöne“ 1. Ordnung, 2. Ordnung usw. auftreten, so daß sich folgendes Schema von Schwingungszahlen ergibt:

$$\begin{array}{ccccccc} & & \nu_1 & & \nu_2 & & \\ & 2\nu_1 & & \nu_1 + \nu_2 & & 2\nu_2 & \\ 3\nu_1 & & 2\nu_1 + \nu_2 & & \nu_1 + 2\nu_2 & & 3\nu_2 \\ 4\nu_1 & 3\nu_1 + \nu_2 & 2\nu_1 + 2\nu_2 & \nu_1 + 3\nu_2 & 4\nu_2 & & \end{array}$$

Diese sind beim Wasserdampf fast sämtlich beobachtet. Die schon angedeutete Analogie zur Akustik bezieht sich nun auch auf die Entstehung der Kombinationsbanden. Diese werden dadurch hervorgerufen, daß die Schwingungen der Ionen nicht genau sinusförmig sind, wie wir es oben in Gleichung (2) annahmen. Die Zerlegung der Schwingungsbewegung in harmonische Schwingungen (Entwicklung in Fourierreihen) ergibt daher außer den Grundschrwingungen noch die Kombinationsschwingungen $p\nu_1 + q\nu_2 + \dots$.

Die bis jetzt angeführten Erfahrungstatsachen ließen sich durch die klassische Theorie deuten. Als die Vervollkommenung der Beobachtungsmittel aber die Anwendung höherer Dispersion erlaubte, zeigte es sich, daß sowohl das Rotationsspektrum wie die Schwingungsbanden nicht kontinuierlich sind, sondern aus lauter einzelnen recht scharfen Linien bestehen. Diese Auflösung gelang zuerst E. v. Bahr bei der Grundschrwingungsbande von HCl. Diese Untersuchungen

sind neuerdings von *E. S. Imes* mit größeren Mitteln ausgeführt worden und haben zu einer sehr vollkommenen Auflösung der Grundswingungsbanden von HF, HCl, und HBr und der 1. Oberschwingung von HCl geführt. Fig. 3 zeigt die Grundswingungsbande von HCl nach den Imes'schen Messungen, dieselbe Bande, die schon in Fig. 1 dargestellt war. Man erkennt, daß die Abstände benachbarter Linien in erster Näherung einander gleich sind, nur der Abstand der beiden mittelsten Linien ist der doppelte. Ebenso ist es bei den anderen Banden dieser 2-atomigen Gase.

Das Rotationsspektrum selbst ist bei einem 2-atomigen Gase leider noch nicht aufgelöst worden.

Von Gasen mit mehr als 2 Atomen ist nur der Wasserdampf genauer untersucht. Die Schwingungsbanden sind von *E. v. Bahr*⁴⁾, vom Verfasser und neuerdings von *W. W. Sleator*, das Rotationsspektrum von *H. Rubens*, *E. Aschkinä* und vom Verfasser mit großer Dispersion aufgenommen worden. Man durchschaut hier die Struktur der Schwingungsbanden noch nicht ganz, wohl weil die bisher erreichte Dispersion immer noch nicht genügend ist. Im Rotationsspektrum, das teilweise in Fig. 4 zu sehen ist, sind 2 äquidistante Folgen von Linien festgestellt. Die Kenntnis dieses Spektrums ist neuerdings von *Rubens* bis zu einer Wellenlänge von ca. 150 μ erweitert worden.

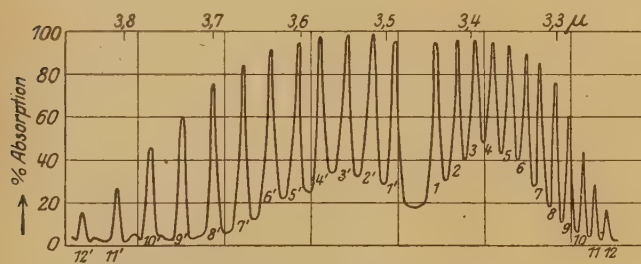


Fig. 3. Absorptionsbande von HCl.
Nach Messungen von *E. S. Imes*.

Zur Erklärung dieser Spektralstruktur, der natürlich die klassische Theorie machtlos gegenübersteht, hat zuerst *Bjerrum* die Quantentheorie herangezogen. Er nahm an, daß die Rotationsfrequenzen nicht das Maxwell'sche Verteilungsgesetz befolgen, sondern daß nur Frequenzen vorkommen, die ganze Vielfache $n\nu_r^*$ einer bestimmten Frequenz ν_r^* sind. An Stelle der Ausdrücke (3) erhält man dann:

$$n\nu_r^*, \quad \nu_s + n\nu_r^*, \quad \nu_s - n\nu_r^*, \quad \dots \quad (4)$$

Diese Ausdrücke stellen in der Tat für 2-atomige Gase die durch die Beobachtung gegebenen Linien dar; im besonderen ergibt sich auch der doppelte Linienabstand in der Mitte der Schwingungsbanden, wenn Moleküle ohne Rotation nicht vorkommen, also n den Wert 0 nicht annimmt.

Später hat *M. Planck* gezeigt, daß man eine so radikale Annahme über die Rotationsfrequen-

zen gar nicht zu machen braucht, sondern daß schon ein Verteilungsgesetz folgender Art zu der beobachteten Spektralstruktur führt: Es kommen alle Rotationsfrequenzen vor, wie bei der Maxwell'schen Verteilung, aber die Anzahl der Moleküle mit der Frequenz ν_r ändert sprunghaft ihren Wert, wenn ν_r einen der Werte $n\nu_r^*$ überschreitet.

Obgleich die Untersuchungen über die Rotationsspektren kein Argument gegen diese Anschauung ergeben haben, sind viele doch geneigt, sie zugunsten der Bohrschen Spektraltheorie zu verlassen. Denn es läßt sich eigentlich kein Grund einsehen, warum diese auf dem Gebiete der Atomspektren so tief begründete Theorie nicht auch auf Moleküle angewandt werden sollte.

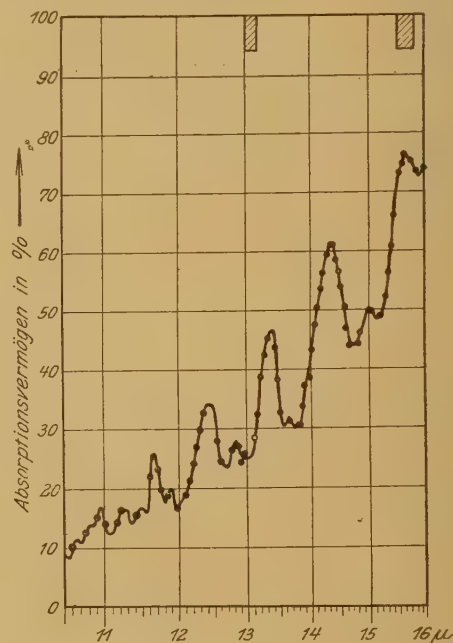


Fig. 4. Ein Teil des Rotationsspektrums des Wasserdampfes.

Nach Messungen von *H. Rubens* u. *G. Hettner*.

Für 2-atomige Gase ist dies bereits durch *F. Reiche* geschehen. Nach *Bohr* wird bekanntlich Strahlung emittiert und absorbiert beim Übergang des Moleküls von einem Quantenzustand in einen anderen, und die Frequenz ν der Strahlung berechnet sich aus der Bedingung:

$$h\nu = E' - E, \quad \dots \quad (5)$$

wo h das universelle Wirkungsquantum und E und E' die Energien des Moleküls in den beiden Zuständen sind. Das schwingende Molekül verhält sich (bei sinusförmigen Schwingungen) wie ein Planckscher Oszillator; seine Energiewerte sind also Vielfache von $h\nu_s$, sie seien gleich $n_s h\nu_s$. Die Energiewerte des rotierenden Moleküls ergeben sich aus der Quantenbedingung, daß der Drehimpuls ein ganzes Vielfaches von $\frac{h}{2\pi}$ ist. Ist J das Trägheitsmoment, so sei dem-

⁴⁾ Vgl. *W. Westphal*, l. c. Fig. 1.

gemäß der Drehimpuls:

$$J \cdot 2\pi\nu_r = \frac{n_r h}{2\pi},$$

also die Energie:

$$\frac{1}{2} J (2\pi\nu_r)^2 = \frac{n_r^2 h^2}{8\pi^2 J}.$$

Die Gesamtenergie des gleichzeitig schwingenden und rotierenden Moleküls wird daher in erster Näherung:

$$E = n_s h \nu_s + \frac{n_r^2 h^2}{8\pi^2 J}.$$

Bezeichnet man die Quantenzahlen n_s und n_r für einen anderen Zustand mit n_s' und n_r' , so ergibt sich aus (5) die Frequenz der Strahlung:

$$\nu = (n_s' - n_s) \nu_s + (n_r'^2 - n_r^2) \frac{h^2}{8\pi^2 J}.$$

Das Bohrsche Korrespondenzprinzip ergibt nun:

$$n_s' - n_s = 1 \text{ oder } 0$$

und

$$n_r' - n_r = +1 \text{ oder } -1$$

und daher:

$$\nu = (1 + 2n_r) \frac{h^2}{8\pi^2 J} \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{oder} \quad \nu = \nu_s + (1 \pm 2n_r) \frac{h^2}{8\pi^2 J} \dots \dots \dots (7)$$

(6) stellt das Rotationsspektrum, (7) die Rotationsschwingungsbanden dar. A. Kratzer hat die Theorie noch verfeinert, indem er den Einfluß der Rotation auf die Schwingung berücksichtigte. Der Abstand benachbarter Linien ergibt sich dann nicht mehr als konstant, sondern zeigt einen Gang mit wachsender Quantenzahl n_r , in vorzüglicher Übereinstimmung mit den genauen Imeschen Messungen. Der Vergleich mit den Beobachtungen ermöglicht natürlich eine genaue Berechnung des Trägheitsmomentes J . Z. B. findet Kratzer das Trägheitsmoment des HCl-Moleküls gleich $2,594 \times 10^{-40}$ cm²gr und daraus den Abstand des H-Kerns vom Cl-Kern gleich $1,265 \times 10^{-8}$ cm.

Zum Schluß möge noch auf ein sehr interessantes, wenn auch noch nicht sicheres Ergebnis hingewiesen werden, auf das kürzlich F. W. Loomis und Kratzer unabhängig voneinander aufmerksam gemacht haben. Bekanntlich hat Aston die Existenz zweier Cl-Isotopen von den Atomgewichten 35 und 37 nachgewiesen. Es gibt also 2 HCl-Moleküle HCl₃₅ und HCl₃₇, die wegen der verschiedenen Masse des Cl-Kerns etwas verschiedene Schwingungsfrequenzen besitzen und 2 gegeneinander verschobene Liniensysteme in den Schwingungsbanden ergeben müssen. Ihre Trennung scheint nun Imes bei der 1. Oberschwingung von HCl tatsächlich gelungen zu sein; denn es zeigen sich dort schwache Nebenlinien mit dem zu erwartenden Abstand und Intensitätsverhältnis zu den Hauptlinien.

Wir haben damit unsere jetzigen Kenntnisse von den Rotationsspektren im wesentlichen geschildert. Es ist wohl kein Zweifel, daß sie uns

noch vieles über den Bau der Moleküle lehren werden.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Theorie des Zeemaneffekts.

Nachtrag zu dem Aufsatz des Verf. in Heft 12 (1921) S. 199 ff. der Naturwissenschaften.

In dem angeführten früheren Aufsatz des Verfassers wurde über einige neugefundene Zahlenbeziehungen und insbesondere über eine eigenartige, einfache Zahlenregel, die „Indexregel der Komponentenanzahl“ berichtet. In Tabelle 3 (S. 201 l. c.) ist diese Indexregel für die seit Rydberg herkömmlich als „Hauptlinien“ bezeichneten Serienlinien wiedergegeben. Es sei gestattet, Bezug auf diese Tabelle zu nehmen und daran zu erinnern, daß in deren Spalte 2 für die Anzahl der parallel zu den magnetischen Kraftlinien polarisierten Zeemankomponenten der Hauptlinien I. Ordnung, wenn diese nach aufsteigender Rangordnung der Serien angeordnet werden, lückenlos die Reihe der ganzen Zahlen mit 1 beginnend eingeht. Die Spalten 3 und 4 dieser Tabelle 3 hingegen (Sp. 3 = Summe der Indizes, Sp. 4 = Summe der parallel polarisierten Komponenten plus Indexsumme¹⁾) zeigen in den ersten Gliedern eine unschöne Schwankung und werden erst vom 4. Gliede an regelmäßig. Herr Roschdestwensky hatte die Freundlichkeit, mich darauf aufmerksam zu machen, daß diese Schwankungen verschwinden, wenn man den *indexfreien* Symbolen, also den Symbolen S, P, D, B, X, Y usw. und ebenso, wie wir hinzusetzen können, den Symbolen s und g^2 rein formal den Index 1 zuteilt. Zugleich ergibt sich damit, worauf Herr Roschdestwensky mich gleichfalls liebenswürdiger-

¹⁾ Im folgenden wird diese Summe der parallel polarisierten Komponenten plus Indexsumme kurz als *Summenzahl* bezeichnet. Richtiger müßten wir hier wie überall von parallel und senkrecht zu den Kraftlinien „schwingenden“ Komponenten sprechen, doch behalten wir die übliche Bezeichnung bei.

²⁾ Es kann zu dieser Klasse noch hinzugefügt werden das Symbol \bar{d} (an Stelle von d_i) für den Fall der I. Tripl. N. S. des Mg (3838 A. E.), wo $d_1 = d_2 = d_3$ ist; entsprechend liegt der Fall für das Symbol \bar{d} , das in die I. N. S. der Dublets des Na (5868 A. E.) eingeht, wo gleichfalls $d_1 = d_2$ ist. Eine einfache Übersicht der *Multiplizitätsklassen* läßt sich gewinnen, wenn man die Klasse der *einfachen* Terme, also die Symbole $P_1, S_1, D_1, B_1, X_1, Y_1$ usw., ferner $g_1, s_1, \bar{d}_1, \bar{b}_1$ als Multiplizitätsklasse I, die Dubletterme p_i, d_i, b_i usw. als Multiplizitätsklasse II, die Tripletterme p_i, d_i, b_i usw. als Multiplizitätsklasse III bezeichnet. Die bei jedem dieser Terme vorkommende höchstmögliche Indexziffer stimmt mit der Klassenzahl überein. Wir sehen nun sofort, daß die Terme $s_1, g_1, \bar{d}_1, \bar{b}_1$ eine gewisse Sonderstellung in Klasse I einnehmen. Schon aus der verschiedenen Schreibweise dieser Terme geht dies hervor: s_1 und ebenso g_1 ist nicht = S_1 , denn S_1 ist *notwendig einfach*, es besteht nur die Identitätsgleichung $S_1 \equiv S_1$. Dagegen sind die Terme $s_1, g_1, \bar{d}_1, \bar{b}_1$ nur *quasi-einfach*; für g gilt die bloß numerische Gleichheit $g_1 = g_2$ und ebenso $s_1 = s_2 = s_3$. Desgleichen ist \bar{b} nur der Ausdruck für die numerische Gleichheit $b_1 = b_2$ und ebenso \bar{d} für die numerische Gleichheit $d_1 = d_2 = d_3$. Dies will besagen, daß die Gleichheit bei den *quasi-einfachen* Termen eine *akzidentielle* Eigenschaft, die Identitätsgleichheit $S_1 \equiv S_1$ dagegen eine *essentielle* ist. Das Nachfolgende wird eine Bestätigung dieser Auffassung aus der Erfahrung bringen.

weise hinwies, eine einfachere³⁾ Definition des Begriffs „Hauptlinie“, denn wir können nunmehr die Hauptlinien ganz allgemein und nicht mehr mit Beschränkung auf die I. Nebenserie rein durch die Indexkombination definieren. Bezeichnen wir in einer beliebigen Symbolkombination den Index des ersten Symbols mit i , den des zweiten mit j , so lautet die Definition der Hauptlinien: $i=j$. Wir erhalten demnach folgende Ordnung:

Die Hauptlinie I. Ordnung ist definiert durch die Indexkombination (1,1),
 die Hauptlinie II. Ordnung ist definiert durch die Indexkombination (2,2),
 die Hauptlinie III. Ordnung ist definiert durch die Indexkombination (3,3)

Die Ungleichung: „ i nicht gleich j “ dagegen definiert die „Satelliten“, wie z. B. die Indexkombinationen (1,2); (1,3); (2,3).

Nach Einführung dieser Bezeichnung, über die im Nachfolgenden noch eine Bemerkung zu machen sein wird⁴⁾, und nach Zufügung des Index 1 zu den bisher indexfreien Symbolen ist die Spaltengruppe I (l. c. S. 201) etwas anders zu schreiben, als in dem früheren Aufsatz geschehen, während sich an den Spaltengruppen II und III, wie man sieht, nichts ändert⁵⁾. Tabelle 3, Spaltengruppe I lautet nunmehr folgendermaßen:

Tabelle 3.

Die Indexregel der Hauptlinien I. Ordnung.

Serienart	1	2	3	4
	Symbolkombination	Anzahl der parallel. pol. Komponenten	Summe der Indizes	Summenzahl
Einf. Linien II. N.-S. . . .	$P_1 S_1$	1	2	3
Dublets II. N.-S.	$p_1 s_1$	2	2	4
Triplets II. N.-S.	$p_1 s_1$	3	2	5
Dublets I. N.-S.	$p_1 \bar{d}_1$	4	2	6
Triplets I. N.-S.	$p_1 \bar{d}_1$	5	2	7
Dublets Bergm.-S.	$b_1 \bar{b}_1$	(6)	2	8
Triplets Bergm.-S.	$d_1 \bar{b}_1$	(7)	2	9
Dublets X-Serie	$b_1 x_1$	(8)	2	10
Triplets X-Serie	$b_1 x_1$	(9)	2	11

Nunmehr sind Spalte 3 und 4 frei von Schwankungen und überall in vollkommener Analogie mit den entsprechenden Spalten 7, 8 und 11, 12 der Hauptlinien II. und III. Ordnung (l. c. S. 201).

Mit der Einführung des Index 1 bei den bisher indexfreien Symbolen ändern sich sinngemäß auch die Tabellen des früheren Aufsatzes, in die solche Symbole eingehen. Wir haben also jetzt zu schreiben:

³⁾ Vgl. die bisherige Definition l. c. S. 203 rechte Spalte.

⁴⁾ Seite 573, linke Spalte oben.

⁵⁾ Es sei jedoch an dieser Stelle ein Druckfehler in der Tabelle 3 (l. c. S. 201) Spalte 10, 11, 12, Zeile 3 von unten berichtigt: Die Zeile muß lauten: $d_3 b_3 | (3) | (6) | (9)$. In Tabelle 2 E fehlt im Eingang in der letzten Zeile das Symbol $p_3 d_3$.

Serienart	Symbolkombination	Anzahl der parallel. pol. Komponenten	Indexsumme	Summenzahl
Einfache Linien	$P_1 S_1$	1	2	3
Triplets II. N.-S.	$p_1 s_1$	3	2	5
	$p_2 s_1$	2	3	5
	$p_3 s_1$	1	4	5

Entsprechend für die II. N.-S. der Dublets:

Serienart	Symbolkombination	$\frac{1}{2}$ Anzahl der senkr. pol. Komponenten	Indexsumme	Summenzahl
Dublets II. N.-S.	$p_1 \bar{s}_1$	2	2	4
	$p_2 \bar{s}_1$	1	3	4

Da, wie wir gesehen haben, auch das Symbol \bar{d} für den Fall $d_1 = d_2 = d_3$ des Mg als indexfreies nunmehr mit dem Index 1 zu versehen ist, ändern sich dementsprechend auch die Tabellen für die I. Triplet-N.-S. des Mg. Sie sind jetzt so zu schreiben:

Serienart	Symbolkombination	Anzahl der parallel. pol. Komponenten	Indexsumme	Summenzahl
Triplet I. N.-S. Mg.	$p_3 \bar{d}_1$	3	4	7
	$p_2 \bar{d}_1$	4	3	7
	$p_1 \bar{d}_1$	5	2	7

In Tabelle 4 des früheren Aufsatzes (S. 202 l. c.) war bei Angabe des Zerlegungsschemas des anomalen I. N.-S.-Triplets von Mg auf die auffallende Anomalie dieser Typen aufmerksam gemacht worden, die u. a. darin besteht, daß am Orte der Linie ohne Magnetfeld eine senkrecht zu den Kraftlinien polarisierte Komponente liegt. Da die Zahl der senkrecht polarisierten Komponenten im übrigen symmetrisch zur Mitte verteilt ist, kommt für die halbe Anzahl der senkrecht polarisierten Komponenten ein ungerades Vielfaches von $\frac{1}{2}$ heraus. Herr Paschen hatte die Liebenswürdigkeit, mich darauf hinzuweisen, daß die am Orte der Ruhelage der Linien liegende senkrecht polarisierte Komponente aus Gründen der Symmetrie- und der energetischen Vorstellungen doppelt gezählt werden muß. Wenn man dies befolgt, wird auch im Fall des Mg die halbe Anzahl der senkrecht polarisierten Komponenten gleich der Anzahl der parallel polarisierten Komponenten, die Paschensche Regel: „Anzahl der senkrecht = $2 \times$ Anzahl der parallel polarisierten Komponenten“ (S. 202 l. c.) gilt dann also auch hier. Es zeigt sich aber, wie gleich ersichtlich wird, darüber hinaus noch eine weitere Vereinfachung: Die Zusammenstellung von Indexsumme und Summenzahl für die halbe Anzahl der senkrecht polarisierten Komponenten lautet jetzt folgendermaßen:

Serienart	Symbolkombination	$\frac{1}{2}$ Anzahl der senkr. pol. Komponenten	Indexsumme	Summenzahl
Triplets I. N.-S. Mg.	$p_3 \bar{d}_1$	3	4	7
	$p_2 \bar{d}_1$	4	3	7
	$p_1 \bar{d}_1$	5	2	7

Man findet mithin für *beide* Polarisationsarten bei dieser Mg-Serie ein und dieselbe Summenzahl 7, und zwar ist diese Zahl 7 die gleiche, die wir als Summenzahl für die I. Triplet-N.-S. ganz allgemein gefunden haben. Die eigenartige Anomalie des Mg fügt sich also in dieser Hinsicht völlig dem allgemeinen Schema ein.

Wir sind nunmehr in den Stand gesetzt, eine übersichtliche Tabelle für die *Summenzahlen* aller Serienarten aufzustellen. Die Konstanz der Summenzahl innerhalb einer jeden Serie ist in dem vorangegangenen Aufsatz bewiesen worden. Die Zusammenstellung der Summenzahlen aller Serien ergibt folgendes Bild:

Tabelle 6.

Die Summenzahlen der Serien.

		H.-S. u. II. N.-S.	I. N.-S.	Bergm.- Serie	X- Serie	Y- Serie
I.	Einfache Linien	3 (1) (1)	3 (1) (3)	3 (1) (5)	3 (1) (7)	3 (1) (9)
II.	Dublets	4 (2)	6 (4)	8 (6)	10 (8)	12 (10)
III.	Triplets	5 (3)	7 (5)	9 (7)	11 (9)	13 (11)
IV.	Quadruplets	6 (4)	8 (6)	10 (8)	12 (10)	14 (12)
V.	Quintuplets	7 (5)	9 (7)	11 (9)	13 (11)	15 (13)

Man erkennt den regelmäßigen Bau dieser Zahlenreihen. Zieht man von jeder Summenzahl die Zahl 2 ab (2 = Anzahl der jeweils kombinierten Symbole), so kommen die eingeklammerten Zahlen () heraus. Ihre Anordnung ist noch durchsichtiger. Zeile III—II gibt I, Zeile III—I gibt Zeile II. Man kann die Tabelle leicht für höhere rein hypothetische und bisher unbekannte Multiplizitäten fortsetzen (in Tabelle 6 stark umrahmt), und sieht daraus, daß den *geradzahligen* Multiplizitätsklassen *gerade* Summenzahlen, den *ungeradzahligen* Multiplizitätsklassen *ungerade* Summenzahlen zukommen. Die Verwandtschaft der Tabelle 6 mit der Tabelle der Runge'schen Nenner des Herrn Sommerfeld springt in die Augen. Der Aufbau der Zahlenreihen der Tabelle 6 wird völlig einheitlich, wenn wir in Zeile I die doppelt eingeklammerten Zahlen (()) schreiben. Entsprechend dem Wesen der Summenzahl würden diese (())-Zahlen bedeuten, daß bei den einfachen Linien jede einzelne Zeemankomponente *einfach* in der II. N.-S., *dreifach* in der I. N.-S., *fünffach* in der Bergmann-Serie usw. zustandekommend zu denken ist. Natürlich ist diese Auffassung vorläufig reine Hypothese.

Von dem neugewonnenen Standpunkt lassen sich die in dem vorangegangenen Aufsatz (S. 203 l. c.) andeutungsweise mitgeteilten Konstitutionsregeln der Zeemantypen nunmehr in weit übersichtlicherer Weise darstellen, als vorher möglich war, denn auch sie gehen jetzt ganz in einfache Zahlenreihen auf. Zur Bildung der Typen führen wir zwei neue Größen ein, deren Bedeutung schon kurz erläutert worden ist (l. c. S. 203,

r. Sp.), die *Stufe* und die *Spannweite*; unter Stufe verstehen wir den Abstand einer Zeemankomponente bestimmter Polarisationsart von der benachbarten Komponente *gleicher* Polarisationsart (Definition 1) bzw. bei geradzahliger Symmetrie den Abstand von der Nulllage⁶⁾ (Definition 2), unter Spannweite den Abstand der von der Nulllage aus gezählt *ersten* senkrecht polarisierten Komponente. Die Maßeinheit von Stufe und Spannweite ist der Runge'sche Nenner $r_1 \cdot r_2$. Der Zerlegungssatz des Herrn Sommerfeld liefert ihn uns eindeutig für jede Symbolkombination. Für die im Vorangehenden als *ungeradzahlig* bezeichneten Multiplizitätsklassen (einfache Linien, Serien-Triplets, Serien-Quintuplets usw.) ergibt sich für das Bildungsgesetz von Stufe und Spannweite der Hauptlinien folgendes Schema:

Tabelle 7.

Bildungsgesetz der Stufen und Spannweiten für die Hauptlinien.

	1	2	3	4
	Index- kombin.	Stufe	Spann- weite	Subtrahend der Spalte 3
I. Haupt- linie	(1, 1)	$\frac{1}{r_1 \cdot r_2}$	$\frac{r_1 \cdot r_2 - 0}{r_1 \cdot r_2}$	0
II. Haupt- linie	(2, 2)	$\frac{2}{r_1 \cdot r_2}$	$\frac{r_1 \cdot r_2 - 1}{r_1 \cdot r_2}$	0 + 1
III. Haupt- linie	(3, 3)	$\frac{3}{r_1 \cdot r_2}$	$\frac{r_1 \cdot r_2 - 3}{r_1 \cdot r_2}$	0 + 1 + 2
IV. Haupt- linie	(4, 4)	$\frac{4}{r_1 \cdot r_2}$	$\frac{r_1 \cdot r_2 - 6}{r_1 \cdot r_2}$	0 + 1 + 2 + 3
V. Haupt- linie	(5, 5)	$\frac{5}{r_1 \cdot r_2}$	$\frac{r_1 \cdot r_2 - 10}{r_1 \cdot r_2}$	0 + 1 + 2 + 3 + 4

⁶⁾ Die Präzisierung des Begriffs *Stufe* deckt zwei höchst merkwürdige Regeln auf:

Bei den *Hauptlinien* gilt die Definition 1 streng. Jeder Hauptlinientypus muß daher auf den Grundtypus eines Triplets zurückgehen von der Bauart $\sigma\pi\sigma$, wobei jede dieser π - und σ -Gruppen in weitere äquidistante Komponenten von Stufenabstand zerfällt. Die Zahl dieser „Feinstrukturkomponenten“, wie wir sie nennen könnten, bestimmt die 1. Indexregel. Diese Anzahl ist, wie wir sehen, *gleich* für die π - und jede der σ -Gruppen und bei den *ungeradzahligen* Multiplizitäten (z. B. Serientriplets) *ungerade* bei den *geradzahligen* Multiplizitäten (z. B. Seriedublets) *geradzahlig*.

Bei den *Satelliten* gilt die Definition 1 dann unverändert, wenn die Zahl der π - bzw. σ -Komponenten *ungerade* ist. Ist sie dagegen *gerade*, so bleibt die Def. 1 für die senkrecht polarisierten Komponenten bestehen, für die parallel polarisierten ist dagegen die Stufe von der Nulllage aus zu zählen (also Def. 2). So verhält es sich in den ungeradzahligen Multiplizitätsklassen. Bei den geradzahligen Multiplizitätsklassen (z. B. Dublets) ist es umgekehrt, hier bleibt die Def. 1 für die parallel polarisierten Komponenten bestehen, für die senkrecht polarisierten dagegen ist die Stufe hier von der Nulllage aus zu zählen (also Def. 2).

Dieser eigenartige *Wechselsatz*, nach dem zwischen Serientriplets und Seriedublets die π - und σ -Komponenten ihre Eigenschaften vertauschen, findet noch weitere Bestätigungen, auf die hier nicht eingegangen wird.

Das Bildungsgesetz des Subtrahenden der Spalte 3 („Spannweitenregel“) ist aus Spalte 4 zu ersehen, es besteht in der schrittweisen Summation der *Indexziffer* der Spalte 1 (2. Indexregel).

Ein Beispiel erläutert die praktische Bedeutung und den sehr einfachen Gebrauch der Tabelle 7. Wir wollen den Zeemantypus der Hauptlinie $p_2 d_2$ bilden: Die 1. Indexregel liefert die Komponentenzahl, nämlich 3 parallel und 2×3 senkrecht polarisierte Komponenten. Der Zerlegungssatz des Herrn Sommerfeld (Tabelle 10, Seite 574) liefert für die hier vorliegende Kombination ($p_i d_i$) den Rungeschen Nenner $r_1 \cdot r_2 = 6$. Die Stufe folgt aus Tabelle 7 als

$$\frac{2}{r_1 \cdot r_2} = \frac{2}{6}. \text{ Die Spannweite folgt gleichfalls aus der}$$

Tabelle 7, und zwar mit $\frac{r_1 \cdot r_2 - 1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{6-1}{6} = \frac{5}{6}$, also sind 3 parallel polarisierte Komponenten mit dem gegenseitigen Abstand $a/3$ symmetrisch zur Nullage angeordnet und 2 senkrecht polarisierte Gruppen von je 3 Komponenten mit der Stufenfolge $a/3$ ebenfalls symmetrisch zur Nullage so verteilt, daß die innersten senkrecht polarisierten Komponenten bei $\pm 5a/6$ liegen. Der Typus ist mithin dieser:

$$\begin{array}{ccccccc} \pi & \pi & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma \\ 0 & \pm \frac{2}{6} & \pm \frac{5}{6} & \pm \frac{5}{6} & \pm \frac{7}{6} & \pm \frac{9}{6} & \end{array}$$

was dem experimentellen Befunde auch entspricht.

Ein weiteres Beispiel: Für den experimentell unbekannten Typus $b_3 x_3$ würde folgen:

Komponentenzahl: 5 parallel, 2×5 senkrecht polarisierte (1. Indexregel).

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 4 \times 5 = 20$ (Sommerfeldscher Zerlegungssatz)

$$\text{Stufe: } \frac{3}{r_1 \cdot r_2} = \frac{3}{20}$$

$$\text{Spannweite: } \frac{r_1 \cdot r_2 - 3}{r_1 \cdot r_2} = \frac{20-3}{20} = \frac{17}{20}$$

Dies ergibt als Typus:

$$\begin{array}{ccccccccc} \pi & \pi & \pi & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma \\ 0 & \pm \frac{3}{20} & \pm \frac{6}{20} & \pm \frac{17}{20} & \pm \frac{20}{20} & \pm \frac{23}{20} & \pm \frac{26}{20} & \pm \frac{29}{20} & \end{array}$$

Wir gehen nun zu den *Satelliten* über, also zu den Indexkombinationen (1, 2); (1, 3); (1, 4); (2, 3); (2, 4); (3, 4) usw. Für diese Indexkombinationen ist das Stufenbildungsgesetz dieses:

Tabelle 8.

Die Stufenregel der Satelliten (3. Indexregel).

- Stufe der Indexkombination (1, 2)
 $= 2 \times$ Stufe der Indexkombination (1, 1)
 Stufe der Indexkombination (1, 3)
 $= 3 \times$ Stufe der Indexkombination (1, 2)
 Stufe der Indexkombination (1, 4)
 $= 4 \times$ Stufe der Indexkombination (1, 3)
 Stufe der Indexkombination (2, 3)
 $= 3 \times$ Stufe der Indexkombination (2, 2)
 Stufe der Indexkombination (2, 4)
 $= 4 \times$ Stufe der Indexkombination (2, 3)
 usw.

Der Zusammenhang zwischen Index und Stufe (schrittweiser Aufbau aus der nächstniederen Indexkombination) ist durch Fettdruck der Ziffern herausgestellt.

Die Spannweitenregel der Tabelle 7 gilt auch für die Satelliten, wir müssen sie dazu nur so formulieren —

was an dem Inhalt der Tabelle 7 nichts ändert —, daß die *höchste* in jeder Indexkombination vorkommende Indexziffer die Spannweite bestimmt. Dies würde also heißen:

Tabelle 8a.

Die Spannweitenregel der Satelliten:

- Spannweite der Indexkombination (1, 2)
 $=$ Spannweite der Indexkombination (2, 2)
 Spannweite der Indexkombination (1, 3)
 $=$ Spannweite der Indexkombination (3, 3)
 Spannweite der Indexkombination (2, 3)
 $=$ Spannweite der Indexkombination (3, 3)
 usw.

Der experimentelle Befund (vgl. l. c. S. 200, Tab. 2 E) bestätigt dieses. Es liegt nahe zu vermuten, daß die *Reihenfolge* der Indizes in einer Kombination für den Zeemantypus irrelevant ist, also z. B. Stufe bzw. Spannweite der Indexkomb. (2, 1) = Stufe bzw. Spannweite der Indexkomb. (1, 2) ist. Die Typengleichheit von Hauptserie und II. Nebenserie spricht dafür. Weitergehende Beobachtungen in dieser Hinsicht liegen mangels Kenntnis solcher Kombinationen noch nicht vor, aber ebenso wenig unserer Auffassung widersprechende Beobachtungen.

Als Beispiel für den Aufbau der *Satelliten* sei der Typus $p_1 d_3$ gewählt:

Komponentenzahl: 3 parallel, 2×3 senkrecht polarisierte.

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 6$.

Stufe der Indexkomb. (1, 3) = $3 \times$ Stufe (1, 2) = $3 \times 2 \times$ Stufe (1, 1) = 6/6.

Spannweite der Indexkombination: (1, 3) = Spannweite

$$(3, 3) = \frac{r_1 \cdot r_2 - 3}{r_1 \cdot r_2} = \frac{6-3}{6} = \frac{3}{6}$$

Also ist der Typus:

$$\begin{array}{ccccccc} \pi & \sigma & \pi & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma \\ 0 & \pm \frac{3}{6} & \pm \frac{6}{6} & \pm \frac{9}{6} & \pm \frac{12}{6} & \pm \frac{15}{6} & \end{array}$$

ganz wie es dem experimentellen Befund entspricht.

Als weiteres Beispiel werde der Typus $p_2 d_3$ konstituiert:

Komponentenzahl: 2 parallel, 2×2 senkrecht polarisierte.

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 6$.

Stufe der Indexkomb. (2, 3) = $3 \times$ Stufe (2, 2)

$$= 3 \times \frac{2}{r_1 \cdot r_2} = \frac{6}{6}$$

Spannweite der Indexkomb. (2, 3) = Spannweite (3, 3)

$$= \frac{r_1 \cdot r_2 - 3}{r_1 \cdot r_2} = \frac{3}{6}$$

also ist der Typus:

$$\begin{array}{ccc} \sigma & \pi & \sigma \\ \frac{3}{6} & \pm \frac{6}{6} & \pm \frac{9}{6} \end{array}$$

wie auch hier dem experimentellen Befund entspricht.

Der experimentell unbekannte Typus der Bergmannserie $d_1 b_2$ würde sich beispielsweise nach unseren Regeln so darstellen:

Komponentenzahl: 6 parallel, 2×6 senkrecht polarisierte.

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 3 \times 4 = 12$.

Stufe der Indexkomb.: (1, 2) = $2 \times$ Stufe (1, 1)

$$= 2 \times \frac{1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{2}{12}$$

Spannweite der Indexkomb. (1, 2) = Spannweite (2, 2)

$$= \frac{r_1 \cdot r_2 - 1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{12-1}{12} = \frac{11}{12}$$

Also wäre der Typus:

$$\begin{array}{cccccccccc} \pi & \pi & \pi & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma \\ 2 & 4 & 6 & 11 & 13 & 15 & 17 & 19 & 21 & \\ \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 & \pm 12 \end{array}$$

Die bisher gewählten Beispiele aus der Klasse der *ungeradzahlig*en Multiplizitäten sind der I. Nebenserie und den höheren Serien (Bergmannserie) entnommen. Hauptserie und II. Nebenserie sind im Sinne unserer neuen Definition der Hauptlinie als Indexkombinationen $i=j$ etwas anders aufzufassen, als üblich ist. Wenn wir die Triplets der II. Nebenserie nunmehr in der Form schreiben: $p_1 s_1$; $p_2 s_1$; $p_3 s_1$, so müssen wir folgerichtig $p_1 s_1$ als *Hauptlinie*, $p_2 s_1$ und $p_3 s_1$ als deren *Satelliten* betrachten. Aber auch dies nicht ganz im gleichen Sinne wie etwa bei der I. Nebenserie, denn bei dieser gehört sowohl der p_i - als auch der d_i -Term der Multiplizitätsklasse III an, d. h. *beide* miteinander kombinierte Terme entstammen einer und derselben Multiplizitätsklasse. Bei der II. Nebenserie $p_i s_1$ gehört der Term p_i der Multiplizitätsklasse III, der Term s_1 der Multiplizitätsklasse I an. Wir dürfen also erwarten, für die Quasi-Satelliten $p_2 s_1$ und $p_3 s_1$ eine andere Stufen- und Spannweitenregel zu finden, als bei den echten Satelliten der I. Nebenserie, Bergmannserie usw., während andererseits für die echte Hauptlinie $p_1 s_1$ die alten Regeln unverändert gelten müssen. In der Tat stellt sich nach unseren alten Regeln die Hauptlinie $p_1 s_1$ so dar:

Komponentenzahl: 3 parallel, 2×3 senkrecht polarisierte.

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 2$.

Stufe der Indexkomb. $(1, 1) = \frac{1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{1}{2}$.

Spannweite der Indexkomb. $(1, 1) = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 \cdot r_2} = 1$,

also ist der Typus:

$$\begin{array}{ccccc} \pi & \pi & \sigma & \sigma & \sigma \\ & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 \pm 2 & \pm 2 & \pm 2 & \pm 2 & \pm 2 \end{array}$$

wie es auch dem experimentellen Befunde entspricht. Die zu erwartende Abweichung der Stufen- und Spannweitenregel für die Quasi-Satelliten $p_2 s_1$ und $p_3 s_1$ wird in ihrem Wesen sofort klar, wenn wir die bisher mit Absicht rein formal dargestellten Tatsachen unter dem Gesichtspunkte der Sommerfeldschen Zerlegung in Terme betrachten. Bei dieser Betrachtungsweise stellt sich das Wesen der Stufenregel unserer Tabellen 7 und 8 beispielsweise für die Kombination $p_i d_i$ so dar:

p_i hat den Rungeschen Nenner 2,

d_i " " " " " 3,

also sind nach unserer Regel die Stufen:

für $p_1 d_1 = 1/2 \times 1/3 = 1/6$

$p_2 d_2 = 1/2 \times 2/3 = 2/6$

$p_3 d_3 = 1/2 \times 3/3 = 3/6$

ferner für $p_1 d_2 = 2 \times 1/2 \times 1/3 = 2/6$

$p_1 d_3 = 3 \times 2 \times 1/2 \times 1/3 = 6/6$

$p_2 d_3 = 3 \times 2 \times 1/2 \times 1/3 = 6/6$

Wir erkennen in der Korrespondenz von Index und Faktor unsere alte Stufenregel wieder. Übertragen wir diese Art der Darstellung auf die Indexkombination $p_i s_1$, so kommt:

Rungescher Nenner für Indexkomb. $(p_i s_1) = r_1 \cdot r_2 = 2 \times 1 = 2$

Stufe $p_1 s_1 = 1/2 \times 1 = 1/2$

$p_2 s_1 = 1/2 \times 1 = 1/2$

$p_3 s_1 = 1/2 \times 1 = 1/2$

d. h. es kann mangels Differenzierung des s_1 -Terms, der immer den Index 1 führt, auch keine Stufen-erhöhung eintreten, da diese ja gerade an den wachsenden Index geknüpft ist. Sinngemäß muß sich damit auch die Spannweitenregel der Tabelle 7 ändern, die mit der Stufe in der dort ersichtlichen Weise zusammenhängt. An Stelle der Reihe 0 ; $0+1$; $0+1+2$ usw. (Tabelle 7 Spalte 4) muß nunmehr die Reihe treten: 0 ; $0+1$; $0+1+1$; $0+1+1+1$ usw., weil die Stufe 1 hier konstant bleibt. Es tritt aber noch etwas anderes ein, was ohne Grundlage der Beobachtung nicht vorauszusehen wäre: bei diesen Kombinationen von Termen aus verschiedenen Multiplizitätsklassen tritt an Stelle des — Zeichens das + Zeichen, der „Subtrahend“ der Spalte 3 (Tabelle 8) wird zum *Summanden*. So kommt:

für $p_2 s_1$

Komponentenzahl: 2 parallel, 2×2 senkrecht polarisierte.

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 2$.

Stufe der Indexkombination $(III_2, I_1) = \frac{1}{r_1 \cdot r_1} = \frac{1}{2}$.

Spannweite der Indexkombination $(III_2, I_1) = \frac{r_1 \cdot r_2 + 1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{2+1}{2} = \frac{3}{2}$

also ist der Typus:

$$\begin{array}{ccc} \pi & \sigma & \sigma \\ \pm 1 & \pm 3 & \pm 4 \\ \pm 2 & \pm 2 & \pm 2 \end{array}$$

ferner für $p_3 s_1$:

Komponentenzahl: 1 parallel, 2×1 senkrechtpolarisierte.

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 2$.

Stufe der Indexkombination $(III_3, I_1) = 2$ (die Stufe kommt bei der Zahl von nur 3 Komponenten natürlich nicht in Frage).

Spannweite der Indexkombination (III_3, I_1)

$$= \frac{r_1 \cdot r_2 + 1 + 1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{2+2}{2} = \frac{4}{2}$$

also ist der Typus:

$$\begin{array}{cc} \pi & \sigma \\ 0 \pm 4 & \end{array}$$

Beim Übergang zu den *geradzahlig*en Multiplizitätsklassen (Dublets, hypothetische Quadruplets usw.) tritt zu den bisherigen Regeln ein neues Prinzip hinzu, das wir im vorangegangenen Aufsatz (l. c. S. 203) das *Gesetz der fortlaufenden Spiegelsymmetrie* genannt und kurz beschrieben haben. Nach Kenntnis dieses aus der Erfahrung abgeleiteten Prinzips lassen sich aus unseren bisherigen Regeln ohne weiteres auch die Dublet- usw. Typen quantitativ darstellen. Wir beschränken uns auf das Beispiel des Satelliten $p_1 d_2$. Es ist klar, daß das Gesetz der Spiegelsymmetrie auf eine Multiplikation der von unsern Regeln gelieferten Größen mit der Zahl 2 hinauskommt. So ergibt sich für $p_1 d_2$:

Komponentenzahl: 2×3 senkrecht, 4 parallelpolarisiert (l. c. S. 203 u. besonders Tab. 9, Seite 574).

Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 3 \times 5 = 15$.

Stufe der Indexkombination $(1, 1) = \frac{1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{1}{15} \times 2$ (Gesetz der Spiegelsymmetrie).

Stufe der Indexkombination $(1, 2) 2 \times \text{Stufe } (1, 1)$

$= 4 \times 2 = 8$ (Gesetz der Spiegelsymmetrie).

Nach dem Stufensatz (S. 8 Anm. 6 „Wechselsatz“)

kommt also:

$$\pm \frac{\pi}{15} \pm \frac{\sigma}{15} \pm \frac{\pi}{15} \pm \frac{\sigma}{15} \pm \frac{\sigma}{24}$$

Für die II. Nebenserie folgt:

Hauptlinie: $p_1 \beta_1$.

Komponentenzahl: 2 parallel, 2×2 senkrecht polarisiert.

Rungescher Nenner: $r_1, r_2 = 1 \times 3 = 3$.

Stufe der Indexkombination $(1, 1) = \frac{1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{1}{3} \times 2$
(Gesetz der Spiegelsymmetrie).

Spannweite der Indexkombination $(1, 1) = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 \cdot r_2} = \frac{3}{3}$,

also kommt:

$$\pm \frac{\pi}{3} \pm \frac{\sigma}{3} \pm \frac{\sigma}{3}$$

Die zweite Linie $p_2 \beta_1$ hat als Indexkombination $(2, 1)$ Satellitencharakter. Für sie ergibt sich also: Komponentenzahl: 2×1 senkrecht, 2 parallel polarisiert.

Stufe⁷⁾ der Indexkombination $(1, 1) = \frac{1}{3} \times 2$

(Gesetz der Spiegelsymmetrie).

Stufe⁷⁾ der Indexkombination $(2, 1) = 2 \times \text{Stufe } (1, 1) = \frac{4}{3}$

Termkombination in die Nenner der einzelnen Symbole hat zerlegen können, so müssen auch wir die Komponentenzahlen aller Symbolkombinationen in die Komponentenzahlen der Einzelsymbole des Serienschemas zerlegen können. In Herrn Sommerfelds Zerlegungsschema ergibt sich der Nenner einer Symbolkombination als *Produkt* der Nenner der Einzelsymbole, in unserm Zerlegungsschema der Komponentenzahl dagegen ergibt sich die Komponentenzahl jeder Symbolkombination als *Summe* der Komponentenzahlen der Einzelsymbole. Ein solches *additives* Gesetz für die Komponentenzahl mag befremdlich erscheinen, es ergibt sich aber aus unseren Prämissen ganz von selbst und völlig widerspruchsfrei. Wir bedürfen zur Aufstellung eines solchen Zerlegungsschemas der Komponentenzahlen lediglich unserer ersten Indexregel, die die Komponentenzahlen für die Symbolkombinationen des Serienschemas liefert, und noch einer einzigen weiteren Annahme: es ist diese, daß das *S*- (*s*- oder β -) Symbol die Komponentenzahl einer Symbolkombination, in die es eintritt, nicht verändert. Im Sinne unseres Schemas haben wir dem *S*-Symbol also die Komponentenzahl 0 zuzuordnen. Aus unseren früher gefundenen Komponentenzahlen der Symbolkombinationen des Serienschemas ergeben sich damit von selbst die Komponentenzahlen der Einzelsymbole. Sie sind in Tabelle 9 übersichtlich zusammengestellt:

Tabelle 9.
Zerlegung der Komponentenzahl.

Multiplizitätsklasse	Bezeichnung	Polarisation	Symbol und Komponentenzahl																		
			1	2			3	4			5	6		7							
I	Einfache Linien	π	S	P			D	B			λ	Y		Z							
			0	1			0	1			0	1		0							
			0	1			0	1			0	1		0							
II	Doublets	π	β	p_2	p_1	d_2	d_1	b_2	b_1	x_2	x_1	y_2	y_1	z_2	z_1						
			0	2	2	0	2	4	4	2	4	6	6	4	6						
			0	1	2	1	2	3	4	3	4	5	6	4	6						
III	Triplets	π	s	p_3	p_2	p_1	d_3	d_2	d_1	b_3	b_2	b_1	x_3	x_2	x_1	y_3	y_2	y_1	z_3	z_2	z_1
			0	1	2	3	0	1	2	3	4	5	2	3	4	5	6	7	4	5	6
			0	1	2	3	0	1	2	3	4	5	2	3	4	5	6	7	4	5	6

Anmerkung: $\frac{1}{2}\sigma$ bedeutet die halbe Anzahl der senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien, π die ganze Anzahl der parallel zu ihnen polarisierten Komponenten.

also folgt als Typus:

$$\pm \frac{\pi}{3} \pm \frac{\sigma}{3}$$

Die bisher entwickelten Regeln ermöglichen uns, sämtliche Typen des Serienschemas — aber auch nur diese — zu bilden, also sowohl die beobachteten als auch die noch nicht beobachteten Typen. Um schließlich zu der allgemeinen Konstitutionsformel aller Zeemantypen, also auch der Kombinationen im engeren Sinn, zu gelangen, bleibt uns noch ein letzter Schritt zu tun übrig: wie Herr Sommerfeld mit Hilfe seines Zerlegungssatzes den Rungeschen Nenner jeder

Wir fügen die Zerlegungstabelle des Herrn Sommerfeld für den Rungeschen Nenner, von der wir häufigen Gebrauch gemacht haben, zur besseren Übersicht an dieser Stelle bei:

Tabelle 10.
Zerlegung der Rungeschen Nenner
(nach Sommerfeld).

	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
Einfache Linien...	1	1	1	1	1	1	1
Triplets	1	2	3	(4)	(5)	(6)	(7)
Doublets	1	3	5	(7)	(9)	(11)	(13)

⁷⁾ „Wechselsatz“ Seite 571 Anmerkung 6.

Ehe wir auf das Wesen der Tabelle 9 näher eingehen, möchten wir ihren Gebrauch an einem Beispiel erläutern: es möge der Typus $p_1 d_2$ konstituiert werden:

1. Komponentenzahl: für p_1 liefert die Tabelle 9: 3π - und $2 \times 3 \sigma$ -Komponenten, für d_2 liefert die Tabelle 9: 1π - und $2 \times 1 \sigma$ -Komponenten, also ist die Komponentenzahl der Symbolkombination $p_1 d_2 = 3 + 1 = 4 \pi$ - und ebenso $2 \times (3 + 1) = 2 \times 4 \sigma$ -Komponenten.

2. Rungescher Nenner: $r_1 \cdot r_2 = 2 \times 3 = 6$.

3. Stufe⁸⁾ $(1, 2) = 2 \times (1, 1) = 2 \times \frac{1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{2}{6}$.

4. Spannweite⁹⁾ $(1, 2) = (2, 2) = \frac{r_1 \cdot r_2 - 1}{r_1 \cdot r_2} = \frac{5}{6}$,

also ist der Typus:

$$\begin{array}{cccccc} \pi & \pi & \sigma & \sigma & \sigma & \sigma \\ \pm \frac{2}{6} & \pm \frac{4}{6} & \pm \frac{5}{6} & \pm \frac{7}{6} & \pm \frac{9}{6} & \pm \frac{11}{6} \end{array}$$

wie es auch der Beobachtung entspricht.

Die Zahlenfolgen der Tabelle 9 zeigen einen eigenartigen Bau, der völlig durchsichtig und von vollendeter Harmonie ist. Erklärende Worte können diesen Eindruck weniger vermitteln, als der Anblick der Zahlenfolgen selbst. Von besonderem Interesse ist der Vergleich der Zeilen II und III, die die merkwürdige Natur der Dublets im Gegensatz zu der der Triplets zum Ausdruck bringen. Zeile II läßt uns u. a. lückenlos die Fälle voraussehen, in denen die Paschensche Regel (Gleichheit der π - und $\frac{1}{2} \sigma$ -Komponentenzahl in jedem Typus) eine Ausnahme erleidet. Ebenso interessant ist der Vergleich der benachbarten Spalten 1, 2, 3, 4 usw. untereinander: beim Übergang von einer zur anderen Spalte findet eine charakteristische Oszillation der Komponentenzahl statt, die für die verschiedenen Multiplizitätsklassen (Zeile I, II, III) wieder von charakteristisch verschiedener Art ist. Diese Oszillation läßt eine engere Verwandtschaft zwischen den s -, d -, π -, σ -Termen einerseits und den p -, b -, g -usf. Termen andererseits klar erkennen. Wir gehen im übrigen auf die Einzelheiten der Tabelle 9 hier nicht ein, sondern begnügen uns mit der Bemerkung, daß alle in dem vorangegangenen Aufsatz (Tabelle 2 A—E) mitgeteilten Serientypen widerspruchsfrei aus der Tabelle 9 hervorgehen.

Ein naheliegender Einwand gegen die Richtigkeit unserer Zerlegungstabelle würde dieser sein, daß nach ihr Zeemantypen existieren müssen, deren Komponentenzahl 0 ist. In der Tat liefert beispielsweise unsere Tabelle für die Symbolkombination $s d_3$ die Komponentenzahl 0. Im Sinne unserer Regeln ist dies so zu verstehen, daß diese Symbolkombination — wenn sie in der Natur vorkommen sollte — keinen Zeemaneffekt, d. h. also keine magnetische Aufspaltung zeigen dürfte. Diese Erwartung ist durchaus nicht von vornherein widersinnig, es sei nur daran erinnert, daß beispielsweise im Spektrum des Eisens mehrere Linien beobachtet worden sind, die keinen Zeemaneffekt zeigen. Tabelle 9 bringt nach unserer Auffassung das Auswahlprinzip für den Rungeschen Zähler zum Ausdruck.

Die wesentliche Bedeutung der in diesem und dem vorangegangenen Aufsatz mitgeteilten Regeln möchten wir durchaus nicht darin erblicken, daß sie uns etwa in den Stand setzen, experimentell noch nicht er-

forschte und der gegenwärtigen Experimentiertechnik vielleicht auch nicht zugängliche Zeemantypen vorauszusagen. Solche Voraussagen sind ohne praktische Bedeutung und immer problematischer Natur. So wäre es in keiner Weise möglich gewesen, nur aus der Kenntnis der Typen der 2. Nebenserie der Dublets und Triplets die Gesetze zu erschließen, die den Aufbau der 1. Nebenserie regeln, denn wie unsere Zahlenreihen zeigen, enthüllen sich diese Gesetze erst, wenn uns mindestens je 3 Folgen dieser Zahlenreihen durch die Beobachtung gegeben sind. Ganz ebenso könnte es sein, daß bei zweifelsfreier experimenteller Festlegung weiterer Zahlenfolgen neue Prinzipien aufgedeckt würden. Der eigentliche Wert der neuen Indexregeln scheint uns vielmehr darin zu liegen, daß durch die Beleuchtung, die die Indexziffer durch diese Regeln erfährt, die alte Betrachtungsweise der Serien und Multiplizitäten zu einem allgemeineren Standpunkt erhoben und zugleich der Theorie der Quantenzahlen neues und handlich zugerichtetes Material geliefert wird. Die Ausblicke in eine etwas andere Auffassung der stereotypen Serienordnung, die durch den Nachweis der grundlegenden Bedeutung der Indexziffern eröffnet werden, sind im Vorangegangenen nur zum Teile angedeutet worden.

Herrn Roschdestwensky bin ich für seine so überaus nützlichen Hinweise, deren zu Anfang dieses Aufsatzes Erwähnung getan wurde, sehr zu Danke verpflichtet. Ganz besonders aber habe ich Herrn Prof. Paschen für seine unermüdliche Unterstützung zu danken.

Tübingen, den 8. Juni 1921.

E. Buck.

Nachweis des simultanen Farbenkontrastes bei Insekten.

(Vorläufige Mitteilung.)

Über Farbenkontrast bei wirbellosen Tieren ist bisher nichts bekannt; ihr Farbenunterscheidungsvermögen überhaupt ist ja noch heiß umstritten, und der objektiven Feststellung von Kontrastercheinungen werden im allgemeinen besonders große Schwierigkeiten entgegenstehen.

Aus Dressurversuchen mit Bienen auf farbige Pigmentpapiere zog K. v. Frisch den Schluß, daß die Bienen dichromatisch sehen, daß, ähnlich wie für den rotgrünblinden Menschen, zwei durch farblose Helligkeit getrennte Spektralbezirke nach ihrer Wellenlänge erregend wirken, wobei das Spektrum am langwelligen Ende verkürzt ist: Die Bienen unterscheiden bei der Prüfung der Dressurerfolge Gelb und Blau voneinander und von jeder gebotenen Helligkeitsabstufung des Grau; sie verwechseln aber Blaugrün und Rot mit Graubstufungen.

Wenn die Bienen tatsächlich dichromatisch sehen, liegt die Frage nahe, ob die durch ihre Wellenlänge wirksamen Lichtsorten, so wie Gelb und Blau für unser Auge, auch für die Bienen „Gegenfarben“ sind, also — peripher oder zentral — physiologische Prozesse auslösen, die sich gegenseitig im Simultan- und Sukzessivkontrast hervorrufen. Zur Prüfung des Simultankontrastes bietet die Dressurmethode Gelegenheit. Ein positives Ergebnis muß zugleich den Farbensinn als solchen sicherstellen.

Verschiedene Versuchsanordnungen führen zum Ziel; ich schildere hier eine besonders einfache, die leicht nachzumachen ist. Ich dressierte Bienen auf

⁸⁾ Tabelle 7 und 8.

⁹⁾ Tabelle 8a.

einen blauen Ring: Ein Pigmentpapierring von Blau Nr. 13 der Heringschen Serie wird auf ein graues Feld gelegt; in dem Ring steht ein Schälchen mit Futter (Zuckerwasser). Der Ring wird abwechselnd auf verschieden hellem Grau dargeboten, um eine Dressur auf Helligkeitsabstufungen zu vermeiden. Bei der Dressurprüfung ohne Futter werden in schachbrettförmiger Anordnung 15 verschiedenen helle Grauringe auf Grau verschiedener Helligkeit und frische Blauringe auf verschiedenen hellen Graufeldern vorgelegt. Nach Dressur von einigen Stunden werden stets mit Sicherheit nur die Blauringe angefliegen; diese werden also von den Grauringen unterschieden. Nun werden in die Grauringserie anstatt der blauen Ringe graue Ringe auf gelbem Untergrund eingelegt: Diese erhalten jetzt denselben starken und regelmäßigen Besuch wie die Blauringe; sie werden also nunmehr mit den Blauringen verwechselt. Die Beweiskraft des Versuches liegt darin, daß *dieselben* Grauringe verschiedener Helligkeit, die auf Grau verschiedener Helligkeit keinerlei Wirkung auf die blaundressierten Bienen haben, sofort angefliegen werden, wenn sie auf Gelb liegen. Dasselbe ist der Fall mit Ringen in den Farben, die nach *v. Frischs* Grundversuchen für das Bienenauge farblos erscheinen. Auf grüne und rote Ringe, die auf Grau verschiedener Helligkeit unbeachtet bleiben, fallen die auf Blau dressierten Bienen sofort ein, wenn sie von Gelb umgeben sind. Gelb für sich lockt die Bienen nicht an, wie sich mit Sicherheit zeigt, wenn man auf Blau dressierten Bienen die ganze Farbenserie vorlegt.

Die stärkste Kontrastwirkung geht von Gelb 4 und 5 der Heringschen Serie aus; auch Orange 3 und Gelbgrün 6 als Unterlage sammeln noch deutlich die auf Blau dressierten Bienen auf aufgelegten Grauringen.

Auf ein graues Feld, das für sich keinerlei Reaktion hervorruft, reagieren also die auf Blau dressierten Bienen wie auf ein blaues Feld, wenn das graue Feld eine gelbe Umgebung erhält; *ein graues Feld in gelber Umgebung erhält also für den Lichtsinn der Bienen den Reizwert von Blau*. Damit ist der simultane Farbenkontrast für diese Insekten erwiesen.

Göttingen, den 3. Juli 1921.

A. Kühn.

Besprechungen.

Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 3. Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1921. VIII, 124 S., 12 Abbildungen und 11 Tabellen. Preis geh. M. 7,— + Teuerungszuschlag.

Schon wenige Monate nach dem Erscheinen der zweiten Auflage hat sich die Notwendigkeit einer dritten herausgestellt. Sie zeigt gegenüber der vorhergehenden einen Nachteil, der allerdings dem Autor durchaus nicht zur Last fällt: der Preis des Heftes, das bisher so erfreulich wohlfeil war, ist vom Verlag leider auf fast den doppelten Betrag erhöht worden. Aber auch der jetzige Ladenpreis von M. 14,30 muß bei der vorzüglichen Ausstattung noch als mäßig gelten.

Die Änderungen im Inhalt sind sehr gering, nicht deshalb, weil nichts der Erwähnung wert Neues zu berichten wäre — dreiviertel Jahre sind für den Geschwindschritt der Radiologie bereits eine lange Zeit —, sondern weil der Autor aus äußeren Gründen eine energischere Umarbeitung auf eine spätere Auflage verschieben mußte, die, nach dem bisherigen ebenso großen

wie verdienten Erfolg des Buches zu schließen, wohl bald in Aussicht steht. Die wichtigsten in der Zwischenzeit erzielten Fortschritte, die neuen Untersuchungen von *Aston* über Isotope gewöhnlicher Elemente, sind vorläufig in einem Anhang untergebracht, der u. a. drei Figuren aus den in Deutschland schwer zugänglichen Arbeiten *Astons* bringt. Der Wert des kleinen Buches ist durch die ausführliche Wiedergabe dieser neuen Forschungsergebnisse für alle naturwissenschaftlich Interessierten zweifellos noch gestiegen.

Da keine wesentlichen Veränderungen vorgenommen worden sind und auch die Stellung des Autors zu strittigen Fragen dieselbe geblieben ist, sei im übrigen auf die Besprechungen der ersten und zweiten Auflage verwiesen¹⁾.

Fritz Paneth, Hamburg.

Schmidt, C. W., Geologisch-mineralogisches Wörterbuch. Teubners kleine Fachwörterbücher Nr. 6. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1921. V, 198 S. und 211 Abbild. Preis M. 8,—.

Das Büchlein erklärt in alphabetischer Reihenfolge etwa 4000 Begriffe der Geologie, Paläontologie, Mineralogie und Petrographie. Alle einigermaßen wichtigen Namen und Fachausdrücke finden sich sowohl sachlich als auch ihrer Wortbildung nach sorgfältig erläutert. Im weitesten Ausmaß behandelt sind die Begriffe der allgemeinen und historischen Geologie, ferner die häufigeren Leitfossilien nach Gattung und Artnamen, unter Bevorzugung der Wirbellosen, sowie die Ausdrücke der allgemeinen und systematischen Paläontologie. Aus der Mineralogie fanden nicht nur die wichtigeren Mineralien und Gesteine Aufnahme, sondern auch die kristallographisch bedeutsameren Begriffe, soweit sie für die Leserkreise, an die sich die Teubnerschen Fachwörterbücher wenden, in Frage kommen. Auch die praktische Geologie ist berücksichtigt. Schließlich wurden noch kurze Biographien bedeutender Geologen und Mineralogen aufgenommen und ihre wichtigsten wissenschaftlichen Leistungen angegeben. Der Anhang bietet einige zusammenfassende Tabellen sowie eine Übersicht über die Fachliteratur.

Da die geologischen Disziplinen auf Anschauungsmaterial angewiesen sind, wurden 211 das Verständnis fördernde Abbildungen und schematische Zeichnungen eingefügt, die größtenteils den Werken des Verlages entnommen werden konnten.

Dem Neuling und dem Unbewanderten in geologisch-mineralogischen Gebieten wird das 198 Seiten starke Büchlein ein stets wertvolles kleines Fachlexikon sein.

J. Wilser, Freiburg i. Br.

Wilhelmi, J., Die Bekämpfung der gesundheitlichen und wirtschaftlichen Schädlinge. Veröffentlichungen aus dem Gebiet der Medizinalverwaltung, XII. Band, 2. Heft. Berlin, R. Schötz, 1921. 35 S. Preis M. 4,—.

Die Schädlingsbekämpfung liegt in Deutschland ganz im Gegensatz zu anderen Ländern sehr im argen. Wenn auch unsere Finanzwirtschaft durch den Krieg sehr zerrüttet ist und Ersparnisse auf allen Gebieten erheischt, so darf man doch Ausgaben für Schädlingsbekämpfung nicht ganz hintenanstellen. Sind doch die gesundheitlichen, wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Werte, die der Staat durch die Ausgestaltung der Schädlingsbekämpfung gewinnen kann, ganz außerordentliche; allein in wirtschaftlicher Hinsicht dürfte der erzielbare Jahresgewinn auf 1 Milliarde Goldmark zu veranschlagen sein.

Eine durchgreifende Bekämpfung der Schädlinge

¹ Diese Zeitschrift 8, 94 und 839 (1920).

kann nur im Rahmen der praktischen Bionomie erfolgen, d. h. unter Berücksichtigung der Beziehungen zur Umwelt in biologischer, wirtschaftlicher und hygienischer Hinsicht, wobei das gesamte Schädlingwesen in organisatorischer Hinsicht aus praktischen Gründen zusammengefaßt werden muß. Staat und Interessentenkreise müssen sich zur Durchführung aller Aufgaben zusammenfinden. Dezentralisierte Arbeitsstätten zur Erforschung aller einschlägigen Fragen müssen geschaffen, ein Reichskommissar mit einer Reichsdeputation und fachwissenschaftlichen Dezernenten zur Seite muß zur staatlichen Leitung der Schädlingsbekämpfung bestellt werden. Unentgeltliche Auskunftsstellen müssen eingerichtet, Schädlingsinspektoren angestellt und eine umfangreiche Aufklärung durch Wanderlehrer und Einbeziehung der Schädlingskunde in den naturwissenschaftlichen Unterricht der höheren und niederen Schulen muß angebahnt werden.

Die großzügigen Pläne des Verf. werden zwar für die nächste Zeit wegen der wirtschaftlichen Notlage des Deutschen Reiches nicht zur Ausführung kommen können, seine Ausführungen sind aber durchaus dazu angetan, dem Gedanken der Schädlingskunde in weiteren Kreisen Eingang zu verschaffen.

B. Harms, Berlin.

Küster, Ernst, Kultur der Mikroorganismen. Für den Gebrauch in zoologischen, botanischen und landwirtschaftlichen Laboratorien. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. 233 S. und 28 Abbildungen im Text. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921. Preis geh. M. 21,—; geb. M. 24,— + Teuerungszuschlag.

Die steigende Verbreitung des Küsterschen Hilfsbuches zeigt, daß es nicht nur in den botanischen Laboratorien, für die es ursprünglich in erster Linie bestimmt war, großen Nutzen gestiftet hat, sondern auch in verschiedenen anderen wissenschaftlichen Anstalten, die mikrobiologische Forschungen betreiben müssen, sich eingebürgert hat. Wenn sich ein solches kurzgefaßtes Buch einen dauernden Platz als literarischer Berater erworben hat, so will dies viel sagen. Denn, so viele eigene Erfahrungen auch der Verfasser eines derartigen Werkes haben mag, so wird es doch genug Dinge geben, welche aus der Literatur ohne persönliche Nachprüfung übernommen werden müssen, und es liegt da die Gefahr nahe, manche Angaben in einer Kürze zu reproduzieren, welche eine Ausnutzung ohne Studium der häufig schwer zugänglichen Quellenliteratur unmöglich macht, oder manches zu bringen, was nicht ganz stichhaltig ist. Küster besitzt ein ungewöhnliches didaktisches Geschick und eine ruhige Kritik, welche ihn an so mancher Stelle seines Buches über derartige Schwierigkeiten hindübergeleiten.

Die vorliegende Auflage bringt viel neuen Stoff, auch neue Abbildungen, ohne wesentliche Vermehrung des Umfangs. Daß einzelne methodische Angaben fehlen, welche nur der Spezialforscher genauer kennt, und daß auch sonst einzelne Lücken aufzufinden sind, ist unvermeidlich, denn ein derartiges Buch wird nie fertig. Einen Anstand in wissenschaftlicher Hinsicht wird man aber in dem ganzen Buche kaum finden können. So wird auch diese neue Auflage den verdienten Erfolg davontragen. Fr. Czupek, Leipzig.

Harvey, E. Newton, The nature of animal light. Monographs on Experimental Biology. Philadelphia and London 1920. X. 182 S.

Eine neue Darstellung der Vorgänge des Leuchtens

der Tiere war sehr erwünscht, denn seit der Zusammenfassung unseres Wissens über diesen Gegenstand, die Mangold 1910 in Wintersteins Handbuch der vergleichenden Physiologie gegeben hat, sind eine größere Zahl von Arbeiten erschienen, die wesentlich zur Klärung dieser Erscheinung beigetragen haben. Den Hauptanteil an den Fortschritten, die in diesem Jahrzehnt erzielt sind, hat Harvey, so daß er in erster Linie berufen war, sie darzustellen.

Die Lehre von der Verbreitung und dem Bau der Leuchtorgane wird kurz abgehandelt, da hier nichts wesentlich Neues mitzuteilen ist. Der Schwerpunkt der Monographie liegt in der ausführlichen Darstellung der physikalischen und chemischen Grundlagen des Leuchtvorganges. Die spektralen Eigenschaften des Organismenlichtes werden sehr gründlich behandelt, es wird der Nachweis erbracht, daß weder ultrarote noch ultraviolette Strahlen von den Leuchtorganen ausgesandt werden, so daß 100 % des emittierten Lichtes sichtbare Strahlen sind. Sehr instruktive Figuren erläutern den Unterschied gegenüber unseren künstlichen Lichtquellen.

In bezug auf die Theorie des Leuchtvorganges hat sich im wesentlichen die Anschauung bestätigt, die Dubois zuerst 1887 ausgesprochen hat. Danach handelt es sich beim Leuchten um einen Vorgang, in dem ein Enzym, das als Luciferase bezeichnet wird, einen Stoff oxydiert oder oxydierbar macht, der Luciferin genannt wird. Richtiger ist es nach Harvey, die einzelnen Luciferine, die z. B. aus der Bohrmuschel (Pholas), aus leuchtenden Käfern oder aus Cypridina, einem Copepoden, hergestellt werden, durch Zusatz des Tiernamens als verschieden zu kennzeichnen, denn es handelt sich nicht um chemisch gleichartige Körper.

Die alten Beobachtungen über die Notwendigkeit von Wasser und vor allem von Sauerstoff für den Leuchtvorgang werden bestätigt und erweitert. Schon bei einem Sauerstoffdruck von 3 mm Hg ist das Leuchten deutlich, bei 7 mm ist schon das Maximum der Lichtproduktion erreicht. Die Analogie dieser Art der Abhängigkeit des Leuchtens vom Sauerstoffdruck mit dem Vorgang der Sauerstoffbindung durch Hämoglobin wird erörtert. Sehr bemerkenswert sind die Ausführungen über die Beziehung der Reaktionsgeschwindigkeit zum Leuchtvorgang und der Nachweis, daß nicht jede Oxydation des Luciferins mit Lumineszenzerscheinungen verbunden ist, daß hierzu vielmehr ein besonderer Oxydationsweg nötig ist.

In diesem Zusammenhang wären vielleicht einige zusammenfassende Ausblicke auf die Einreihung der Erscheinungen des tierischen Leuchtens in die modernen theoretischen Vorstellungen über enzymatische Vorgänge erwünscht gewesen.

Ein reiches Literaturverzeichnis ermöglicht eine leichte Orientierung über den ganzen Gegenstand.

A. Pütter, Bonn.

Das Pflanzenreich (Regni vegetabilis conspectus), herausgegeben von A. Engler. 75. Heft. *Compositae—Hieracium*, I. Teil, von K. H. Zahn. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1921. 8°, 288 S., 124 Einzelbilder in 27 Figuren. Preis M. 128,—.

Zwar gibt es im Pflanzenreich so manche polymorphen Formenkreise, doch reicht wohl keiner derselben, die Brombeeren allenfalls ausgenommen, bezüglich der Schwierigkeit der Abgrenzung und Erkennung der Formen an die Gattung *Hieracium* heran, von deren monographischer Bearbeitung das vorliegende neueste Heft des „Pflanzenreich“ den ersten Teil bringt.

In einem solchen Formenchaos Ordnung zu schaffen und eine den verwandtschaftlichen Beziehungen entsprechende systematische Gliederung durchzuführen, erfordert eine Arbeit von so gewaltigem Umfang und eine Vertiefung in die morphologischen Verhältnisse der Formen, wie sie nur durch jahrzehntelanges Spezialstudium geleistet werden kann; der Verfasser der vorliegenden Monographie, der sich schon durch eine Reihe von früheren Arbeiten über die Gattung einen geachteten Namen erworben hat, war daher wie kein anderer berufen, ihre Bearbeitung für das „Pflanzenreich“ durchzuführen, und es ist mit Dank zu begrüßen, daß er jene Arbeiten durch eine solche Gesamtmonographie krönt. Auf die spezielle Darstellung, wenn diese auch selbstverständlich den Hauptwert des Werkes ausmacht, kann hier naturgemäß nicht näher eingegangen werden; nur auf einige bedeutungsvolle Punkte des allgemeinen Teiles sei noch kurz hingewiesen. Verfasser setzt sich hier mit den verschiedenen Auffassungen auseinander, die bezüglich des Artbegriffes in der Gattung bei verschiedenen Autoren bestehen, und kommt zu dem Ergebnis, daß die von *Naegeli* und *Peter* zuerst durchgeführte Gliederung in Hauptarten und Zwischenarten das den bestehenden Verhältnissen am besten gerecht werdende Verfahren darstellt und keiner grundsätzlichen Änderung bedarf. Als Hauptarten werden dabei alle diejenigen Formen zusammengefaßt, welche als nahe verwandte Glieder einer und derselben phylogenetischen Entwicklungsrichtung oder Entwicklungsreihe betrachtet werden können, die Zwischenarten dagegen umfassen jene Formen, welche die morphologischen Merkmale zweier oder mehrerer Hauptarten in sich vereinigen, ohne eine wesentlich neue, diesen Hauptarten nicht zukommende Eigenschaft zu besitzen. Über den Ursprung dieser Zwischenarten läßt sich in den meisten Fällen nichts Bestimmtes aussagen; sie mögen teils Bindeglieder zweier oder mehrerer phylogenetischen Entwicklungsreihen sein, die lediglich durch Variation oder durch andere phylogenetische Entwicklungsmöglichkeit entstanden sind, teils wird es sich um in alter Zeit gebildete Bastarde handeln, die sich vermöge der in der Gattung ja recht verbreiteten Apogamie erhalten und vermehren konnten und zu „Arten“ geworden sind; in einigen Fällen endlich liegen auch neuerdings gebildete Bastarde vor. Die Haupt- sowohl wie die Zwischenarten sind Kollektivspezies; die Arten im engeren Sinne werden ihnen als Subspezies untergeordnet, wobei solche Unterarten, die innerhalb der phylogenetischen Entwicklungsreihe eine besondere Richtung bezeichnen, zu besonderen Unterartengruppen zusammengefaßt werden. Auch die geographische Verbreitung wird ziemlich eingehend behandelt; neben einer Darstellung der Verbreitung der Sektionen und Hauptarten gibt Verfasser hier auch noch eine Übersicht über die für die verschiedenen Florengebiete besonders kennzeichnenden Gruppen.

W. Wangerin, Danzig - Langfuhr.

Liesegang, F. Paul, Wissenschaftliche Kinematographie einschließlich der Reihenphotographie. Neubearbeitung des zweiten Teiles der 5. Auflage des Handbuches der praktischen Kinematographie unter Mitarbeit von Dr. Karl Kieser und Prof. Oswald Polimanti. Düsseldorf, Ed. Liesegang, 1920. VIII, 352 S., 146 Abbildungen. Preis M. 48.—.

Das vorliegende Buch ist eine Neubearbeitung des zweiten Teiles der 5. Auflage des Handbuches der praktischen Kinematographie. Der ursprüngliche Zweck des Liesegangschen Handbuches, nämlich in erster

Linie eine praktische Anleitung für Aufnahme und Wiedergabe zu bieten, drohte in den Hintergrund gedrängt zu werden, da das Anwachsen des Stoffes aus den Sondergebieten der Kinematographie, die für die eigentliche Fachkinematographie vorläufig noch wenig in Betracht kommen, wie etwa stereoskopische und farbbentreue Kinematographie, oder die verschiedensten Anwendungen der Kinematographie in Wissenschaft und Technik, einen immer breiteren Raum für die Darstellung dieser Fragen nötig machte. Die 6. Auflage des Handbuches gibt daher über alle solche Probleme im wesentlichen nur einen Überblick und überläßt ihre ausführliche Erörterung dem hier zur Besprechung stehenden Buche.

Diese Aufgabe sucht unser Buch in 3 Teilen zu lösen. Der erste beschäftigt sich mit den Aufnahme- und Wiedergabeverfahren und den zugehörigen Einrichtungen. Während die heute üblichen mit absatzweiser Fortschaltung des Filmbandes arbeitenden Apparate der praktischen Kinematographie, d. h. also im wesentlichen der Theaterkinematographie, bei aller Differenzierung im einzelnen doch eine gewisse Gleichartigkeit besitzen, werden hier die verschiedensten Einrichtungen besprochen, die der jeweilige wissenschaftliche oder technische Zweck erfordert. Das trägt sicher zur Werterhöhung des Buches bei, da mit seiner Hilfe für viele Sonderzwecke leicht eine passendere Einrichtung gefunden oder doch wenigstens angeregt werden kann, als wie sie die gangbaren Apparate gewährleisten würden. Auch die kinematographischen Verfahren, die noch keine hinreichend einwandfreie Lösung gefunden haben, wie der optische Ausgleich des stetig bewegten Filmbandes, die stereoskopische und farbbentreue Kinematographie, sind gründlich behandelt. Ferner seien hier noch aufgezählt die Abschnitte über Mikrokine- matographie, Funkenkinematographie (ballistische Kinematographie) und Röntgenkinematographie. Ein tieferes Eingehen auf den vorgebrachten Stoff muß hier versagt bleiben. Seine Darstellung beschränkt sich hauptsächlich auf ein reines Referieren; mitunter wäre eine gewisse kritische Beleuchtung doch wohl am Platze gewesen. Häufig finden sich im Text die berücksichtigten Originalschriften angegeben, so daß ein weiteres Eindringen in die behandelten Fragen ermöglicht ist. Auch das ausführliche Literaturverzeichnis am Schluß des Buches, das sich in der Hauptsache auf Arbeiten beschränkt, die für die wissenschaftliche Kinematographie von Belang sind, wird gute Dienste leisten.

Der zweite Teil, der das Fertigmachen des Negativs sowie die Herstellung des Positivs behandelt und von Dr. Karl Kieser bearbeitet ist, gehört vielleicht nicht unbedingt zu den Gebieten, die der Titel des Buches umfaßt. Immerhin dürfte auch dieser Abschnitt, der sehr lehrreich und gewissenhaft geschrieben ist, vielen Lesern recht erwünscht sein.

Im dritten und letzten Teile des Buches wird von Professor Oswald Polimanti die Kinematographie in den Naturwissenschaften, der Medizin und im Unterricht einer eingehenden Erörterung zugeführt. Die Anlage des Buches bringt es mit sich, daß mitunter Berührungen mit Ausführungen des ersten Teiles stattfinden; wurden dort Einrichtungen für gewisse wissenschaftliche oder technische Zwecke besprochen, so werden hier diese selbst behandelt. Nach einer kurzen geschichtlichen Einleitung stellt Polimanti sein Gebiet in 2 Unterabschnitten dar, indem er die Anwendung des Kinematographen einmal als Forschungsmittel und dann als für den Unterricht wertvoll zeigt. Die Reichhaltigkeit des Stoffes verbietet auch hier ein

Eingehen auf Einzelheiten. Wie die vorhergehenden Teile ist auch dieser sehr klar und leicht verständlich geschrieben. Um wenigstens eine Andeutung von dem Inhalt zu geben, mögen hier die Überschriften der einzelnen Kapitel aus dem Abschnitt über die Anwendung des Kinematographen als Forschungsmittel genannt werden:

- I. Normale Bewegung des Menschen und der Tiere.
- II. Anwendung der Kinematographie auf das Studium der verschiedenen Organe und Regionen des menschlichen Körpers und der Tiere.
- III. Anwendung in der Botanik.
- IV. Anwendung in der Physik, Chemie und den Ingenieurwissenschaften.
- V. Anwendung in der Astronomie, Erdphysik und Meteorologie.
- VI. Kinematographie, Mikroskop und Ultramikroskop.
- VII. Röntgen-Kinematographie.
- VIII. Anwendung des Kinematographen in der experimentellen Physiologie und Pathologie sowie in der menschlichen Pathologie.

Das bereits erwähnte Sach- und Namenverzeichnis beschließt das Buch; die Arbeiten auch der allerletzten Jahre (bis 1920) berücksichtigt gewährt es einen guten Einblick in die Literatur über die Verwendungsmöglichkeit der Kinematographie für Wissenschaft, Technik und Unterricht. W. Merté, Jena.

Jaeger, F. M., *Lectures on the principle of Symmetry and its applications in all natural Sciences*. II. Auflage. Amsterdam, Elsevier, 1920. X, 348 S.

Es ist stets eine Freude, ein Buch in die Hand zu nehmen, das die engen Grenzen eines wohldefinierten Einzelfaches zu durchbrechen versucht. Der Verf. verfolgt dies Ziel, indem er das Prinzip der Symmetrie als beschreibendes Prinzip in *allen* Teilen der Naturwissenschaften einbürgern möchte, wie er schon im Titel seines interessanten und anregenden Werkes, das aus Vorlesungen an der Universität Groningen hervorgegangen ist, hervorhebt. Es ist nicht möglich, daß die Ausführung dieses Programms überall gleichmäßig über die schon vorhandenen Ansätze für die Auswertung der Symmetrieverhältnisse hinausführt, und man bedauert manchmal,* an Stellen, wo sich auf Grund kurzer Andeutungen weite Perspektiven eröffnen, nicht eingehender verweilen zu dürfen. (So z. B. bei mancherlei Hinweisen über die ästhetische Wirkung symmetrischer Gebilde. Auch die Verwandtschaft zwischen Symmetrie und reiner Periodizität würde Ref. in dieser und anderer Beziehung gern etwas eingehender erörtern sehen.) Die Darstellung befriedigt aber auch dort, wo Bekanntes auseinandergesetzt wird, durch den klaren methodischen Aufbau und die stete Bereitschaft, Anregungen aus weitab gelegenen Gebieten aufzugreifen und einzuarbeiten. In der Tat beschäftigen sich gerade mit den Gesetzen der Symmetrie die Forscher auf den verschiedensten Gebieten: die Mathematiker aus Gesichtspunkten abstrakter Gruppentheorie, die Mineralogen vom klassifizierenden Standpunkt, die Kristallphysiker und -chemiker wegen der Struktur aus Atomen und von Atomen, die Zoologen und Botaniker im Interesse der Beschreibung oder der determinierenden Ursachen, Psychologen und Ethnologen wieder in anderem Sinne. Da ist es sehr verdienstvoll, den gemeinsamen Gegenstand dieser vielfältigen Interessen herauszuziehen, zu analysieren und mit logisch-mathematisch geschultem Blick die häufig

unvollständige Anwendung zu erweitern und zu verbessern.

Im ersten Teil seines Buches setzt der Verf. hauptsächlich die Symmetrioperationen und ihre Kombinationen auseinander und belegt die auftretenden Sätze durch zahlreiche Beispiele sowohl von kristallinen wie von tierischen und pflanzlichen Formen. Die Darstellung ist eine geometrisch-anschauliche, was bei den Vorzügen des anschaulichen Vorgehens und mit Rücksicht auf den allgemeinen Leserkreis des Buches durchaus zu billigen ist. Jedoch wäre es eine sehr schöne Ergänzung für diese allgemeine Symmetriellehre, wenn auch — vielleicht in einer Note — über andere rein mathematische gruppentheoretische Untersuchungen (Gauß, Frobenius u. a.) berichtet werden könnte, in denen die gleichen Probleme in algebraischem Gewande auftreten und mit algebraischen Mitteln behandelt werden, die sonst als spezifisch geometrische angesehen werden. In der geometrischen Realität der einzelnen Prozesse bei der Ableitung symmetrischer Anordnungen, wie z. B. der Sohncke-Schoenflieschen Punktanordnungen, liegt zwar ein Vorzug, solange sie einfach sind, zugleich aber der Nachteil, daß komplizierte Gebilde sich nur sehr schwer überblicken lassen, weil die geometrische keine formalistisch ausgebildete Methode ist. Es wäre denkbar, daß die algebraischen Untersuchungen für die formalistische Handhabung der Symmetrie geeignete Methoden enthalten und ihre Durcharbeitung ist deshalb sehr erwünscht. Ein Referat des mathematischen Gedankengangs der Arbeiten im Jaegerschen Buch würde diese Probleme vielen zum Bewußtsein bringen.

Im letzten Drittel des Buches steuert der Verf. tief in die Chemie hinein, sein eigenes Arbeitsgebiet: die Symmetrie der chemischen Molekel. Und hierbei ist es wieder eine Grundfrage, die ihn tief bewegt und der die gesamte Diskussion gilt: wie ist es zu erklären, daß in der organischen Natur eine ausgesprochene *Unsymmetrie* herrscht? Warum produziert das Zuckerrohr nur die rechtsdrehende Form der Zuckermoleküle und warum finden sich an keiner einzigen Stelle der organischen Natur die spiegelbildlich gleichen linksdrehenden? Wie ist diese Einseitigkeit in die Natur gekommen? Diese Frage hat die Chemiker von Pasteur, dem Entdecker der optischen Isomerie, an stets aufs neue beschäftigt und zu den geistvollsten und mühsamsten Versuchen getrieben, ohne daß selbst der Blick eines Emil Fischer eine befriedigende Erklärung entdeckt hätte. Spielt, wie Pasteur vermutete, die Einseitigkeit der Erddrehung eine Rolle, ist es, nach einem Vorschlag von Byk, der Erdmagnetismus, der durch Beeinflussung des Polarisationszustandes des reflektierten Sonnenlichts mittelbar einwirkt? Jaeger bespricht auf sorgsamste auf Grund zahlreicher eigener ausgeführter und im Gange befindlicher Arbeiten die Möglichkeiten und Aussichten, durch Kombination von Licht- oder elektrischen Feldern mit Magnetfeldern auf chemische Substitutionen derart einzuwirken, daß, wie in der Natur, die Bildung einer von zwei optisch verschiedenen Komponenten bevorzugt wird. Obwohl auch er zu keiner Lösung des Problems gelangt, werden seine Anregungen und zahlreichen kritischen Besprechungen und Zitate diesen Zweig der Forschung wesentlich fördern.

Die zweite Auflage unterscheidet sich von der 1917 erschienenen und in dieser Zeitschrift 6, 660, 1918 besprochenen ersten nur durch geringe Änderungen.

P. P. Ewald, Stuttgart.

Biologische Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Reactions of various plankton animals with reference to their diurnal migrations. Calvin O. Esterly. University of California publications in Zoology Vol. 19, Nr. 1, S. 1—83, April 4, 1919, Berkeley, (Calif.). Der Verfasser berichtet in dieser wichtigen und sorgfältigen Arbeit die Ergebnisse seiner Studien über die Ursachen der vertikalen täglichen Wanderung verschiedener mariner Planktontiere (*Acartia tonsa*, *A. clausi*, *Calanus finmarchicus*, *Eucalanus elongatus*, *Labidocera trispinosum*, *Metridia lucens* und *Sagitta bipunctata*). In der Hauptsache kam es ihm darauf an, den Einfluß der Wechselbeziehungen zwischen Geotropismus, Lichtintensität, Lichtrichtung, Temperatur und Salzgehalt auf das Verhalten der genannten Organismen bei der täglichen Wanderung zu ermitteln, ohne daß er auf den Empfindlichkeitsgrad usw. (d. h. die rein physiologische Seite) näher eingeht. Zuerst beschreibt der Verf. seine Arbeitsweise und gibt dann eine kritische Besprechung der Literatur über „periodische Migration“, sowie eine Übersicht über die hydrographischen Verhältnisse seines Forschungsgebietes in der San-Diego-Region von Californien. Darauf teilt er, für jede einzelne Art der untersuchten Tiere gesondert, die Resultate seiner Beobachtungen mit, über die auch Tabellen Auskunft geben. Im Anschlusse an diese Einzeldarstellungen jeder Art folgt ein zusammenfassender Bericht, der die in den Tabellen niedergelegten Erfahrungen kurz erläutert. Zum Schlusse wird folgendes festgestellt: 1. Auf Grund der bisherigen Untersuchungen läßt sich zurzeit noch keine allgemeingültige Erklärung der täglichen vertikalen Wanderung der Planktontiere geben. 2. Der physiologische Zustand der zu untersuchenden Tiere wechselt, wenn sie vom Ozean entfernt im Laboratorium gehalten werden, was bei der Auswertung der jeweiligen Beobachtung zu berücksichtigen ist. 3. Auch die Umstände beim Einsammeln des Materials scheinen auf das Verhalten der Versuchsobjekte von Einfluß zu sein. Aus diesem Grunde müssen Tiefen- und Oberflächenfänge miteinander verglichen werden, will man nicht zu Schlüssen gelangen, die nur für das Verhalten der Art in der jeweiligen Probe, nicht aber für das der Art im allgemeinen zutreffend sind. 4. Beobachtungen am Orte des Vorkommens und solche im Laboratorium sind beide als sich ergänzend notwendig. Für alle nicht rein physiologischen Fragen ist eingehende Kenntnis der Lebensverhältnisse der Organismen nötig, insbesondere für eine Erforschung der Ursachen des natürlichen Verhaltens. 5. Nur bei *Sagitta* scheinen lediglich äußere Reize die tägliche vertikale Wanderung auszulösen. 6. Innere Verhältnisse (sogen. *physiologischer Rhythmus*) scheinen bei beiden *Acartia*-arten und bei *Calanus* wirksam zu sein. 7. Das Ziel der experimentellen Planktonforschung wäre die Beobachtung und Feststellung der Besonderheiten der einzelnen Individuen einer Art, wobei alle Individuen unter gleichen Bedingungen zu halten wären.

Br. Schröder.

Der heutige Stand der allgemeinen Theorie der histologischen Färbung. (L. Michaelis, Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 94; Festschrift für O. Hertwig, S. 580—603, 1920.) Über die Natur des Färbungsprozesses sowohl in der technischen Färberei wie auch in der histologischen Forschung sind die Meinungen seit längerer Zeit geteilt. Zwei verschiedene Anschauungen stehen sich scharf gegenüber: die chemische und die physika-

lische Theorie. Die chemische Theorie nimmt an, daß zwischen den Farbstoffen und dem sich färbenden Gewebe eine chemische, salzartige Verbindung entsteht; die physikalische Theorie vertritt dagegen die Ansicht, daß der Farbstoff nur durch physikalische Kräfte am Gewebe festgehalten wird, durch Oberflächenanziehung, durch Adsorption. Die Erscheinungen der Adsorption sind nun in den letzten Jahren mit unseren modernen verfeinerten Methoden der physikalischen Chemie näher untersucht worden. Unter den adsorbierenden Stoffen kann man zwei verschiedene Gruppen unterscheiden: die elektrolytartigen und die indifferenten Adsorbentien. Der Hauptvertreter dieser letzteren ist die organische Kohle. Diese adsorbiert fast alle Stoffe aus ihren wässrigen Lösungen, sowohl Elektrolyte wie Nicht-Elektrolyte. Von den Elektrolyten werden Anionen und Kationen in gleichen Mengen adsorbiert, weshalb man von „äquivalenter Adsorption“ spricht. Von den Nicht-Elektrolyten werden oberflächenaktive Stoffe besonders gut adsorbiert, jedoch werden auch zahlreiche die Oberflächenspannung erhöhende Stoffe adsorbiert. Wesentlich anders sind die Erscheinungen der elektrolytartigen Adsorbentien, Stoffe, die zwar unlöslich sind, aber Salze, Säuren oder Basen darstellen, welche die Möglichkeit besitzen, mit gelösten Ionen in chemischen Austausch zu treten. Vertreter dieser Gruppen sind die Kieselsäure, das Eisenoxyd und das Kaolin. Bei diesen findet eine sogenannte „Austauschadsorption“ statt; und zwar adsorbieren elektro-negative Adsorbentien basische Farbstoffe und umgekehrt elektro-positive saure Farben.

Die Adsorbentien der histologischen Gewebe sind vor allem denaturierte Eiweißsubstanzen und bei den Pflanzen noch die Zellulose. Das Adsorptionsvermögen der Zellulose ist nach Ansicht des Verfassers aber nur ein scheinbares, da es gar nicht der Zellulose selbst zukommt, sondern nur ihren Ascheverunreinigungen. Betreffs der eiweißartigen Substanzen kommt Michaelis zu dem Schluß, daß diese die sauren und basischen Farbstoffe doch durch eine chemische salzartige Bindung anziehen. Färbung mit sauren Farben weist auf eine basische Seitenkette hin; Färbung mit basischen Farben auf eine saure Seitenkette. Die meisten Gewebelemente färben sich sowohl mit basischen wie mit sauren Farben, da das Eiweiß amphotere Natur besitzt. Wir können also aus der Tatsache, daß sich bestimmte Gewebelemente entweder mit sauren oder mit basischen Farben färben, gewisse Rückschlüsse auf den chemischen Charakter dieser Elemente ziehen, aber wohl nur auf das Vorhandensein von basischen oder sauren Seitenketten. Eine weitere ins einzelne gehende chemische Analyse erlaubt uns die histologische Färbung nach unserer heutigen Vorstellung aber nicht.

A. Pratje.

Mechanismus der Schädigung und der Wiederherstellung der Zelle. (W. J. V. Osterhout, Science, 15. April 1921.) Versetzt man eine *Laminaria* aus Seewasser in eine Kochsalzlösung, so wird die Pflanze geschädigt und mit der Zeit getötet. Während der Einwirkung der Kochsalzlösung sinkt dauernd der elektrische Widerstand der Pflanze bis zu ihrem Absterben, dann bleibt er konstant. Osterhout, der im elektrischen Widerstand der Pflanze ein ausgezeichnetes Kennzeichen ihrer Lebenskraft erblickt, untersucht die Zeitkurve dieser Widerstandsänderung und findet, daß sie einer monomolekularen Reaktion entspricht. Daraus schließt er, daß

der Widerstand einem Stoff proportional ist, der durch eine Reihe aufeinander folgender Reaktionen gebildet und abgebaut wird. Auf Grund dieser Annahme kann man eine Gleichung aufstellen, aus der man den Absterbeprozess unter verschiedenen Bedingungen vorhersagen kann, und die es ermöglicht, auf experimenteller Grundlage ein bestimmtes Stadium des Absterbevorgangs zu bestimmen, z. B. den Punkt, wo er zu einem Viertel oder zur Hälfte fortgeschritten ist. *Osterhout* betrachtet das Absterben als einen Prozeß, der auch in der wachsenden, gesunden Zelle vor sich geht und durch Gifte oder andere schädigende Einflüsse so sehr beschleunigt werden kann, daß das normale Gleichgewicht in der Zelle gestört wird und Schädigung und Tod eintreten. Das normale Leben wird als eine Reihe von Reaktionen angesehen, in denen eine Substanz *O* in *S* abgebaut wird, das wiederum in *A*, *M*, *B* usw. zerfällt. (Weshalb gerade diese Buchstaben gewählt werden, geht aus der Arbeit nicht hervor.) Unter Normalbedingungen wird *M* so schnell gebildet wie zersetzt. Schädigung und Tod treten ein, wenn das Verhältnis der Reaktionsgeschwindigkeiten der Zellvorgänge gestört wird. Der hypothetische Stoff *M* soll auf der Plasmaoberfläche gelagert sein und durch die Verschiedenheit seiner Schichtdicke den Durchtritt der Ionen, die den Strom transportieren, regulieren.

Aus dem Unterschied zwischen dem für konstant angesehenen Widerstand der gesunden Zelle und dem Widerstand einer geschädigten kann man den Prozentsatz der Schädigung bestimmen. Zu 5 % geschädigte Zellen der *Laminaria* erholen sich unter normalen Bedingungen vollständig, um 25 % geschädigte nur bis zu 90 % und um 90 % geschädigte gar nicht. Wo vollständige Erholung eintritt, nimmt *Osterhout* in der Reaktionsreihe $O \rightarrow S \rightarrow A \rightarrow M \rightarrow B$ ein Verschwinden von *M* an, das durch Hemmung der Reaktionen $O \rightarrow S$, $S \rightarrow A$, $A \rightarrow M$ oder Beschleunigung der Reaktion $M \rightarrow B$ eintreten kann. Sofern aber der Ausgangsstoff *O* zerstört ist, gibt es keine Möglichkeit der Erholung. Die Erholung sieht *O*. also nicht als eine Umkehrung der zur Schädigung führenden Reaktion selbst an, sondern nur als eine Rückkehr der Geschwindigkeit der praktisch irreversiblen Lebensvorgänge zur Norm.

Mit Hilfe der auf Grund der Widerstandsmessungen nach dem Massenwirkungsgesetz gewonnenen Gleichungen kann *Osterhout* nach seiner Angabe nicht nur die Zeitkurven der Schädigung und des Absterbens der Zelle in einfachen Salzlösungen, sondern auch in Lösungsmischungen, z. B. von NaCl und CaCl₂ mit befriedigender Genauigkeit voraussagen.

A. v. Ranke.

Die Abhängigkeit der Influenzapandemie von Hochdruckwetterlage. Nachdem die bakteriologische Erforschung der Infektionskrankheiten in den letzten Dezennien Triumphe zu verzeichnen gehabt hat, bleibt der Forschung doch noch eine Anzahl von Krankheiten übrig, z. B. Masern, deren Ursache uns noch unbekannt ist. Aber selbst bei Krankheiten, deren bakteriologische Ursache bekannt ist, wissen wir noch nichts oder wenig über die Faktoren, die das Entstehen und Vergehen von Epidemien beeinflussen. Es ist schon öfters von einzelnen Forschern der Versuch gemacht worden, das Entstehen von Seuchen mit meteorologischen und allgemein kosmischen Einflüssen in Zusammenhang zu bringen, so z. B. mit der Sonnenfleckenperiode. Es war daher naheliegend, bei

den großen Grippepandemien der letzten Jahre 1918, 1919 und 1920 nach solchen Einflüssen zu forschen; zumal auch bei dieser Epidemie der ätiologische Faktor der Krankheit eine große Streitfrage war. Allerdings ist die Mehrzahl der Forscher jetzt darüber einig, den Pfeifferschen Influenzabazillus als Krankheitsursache anzuerkennen. Aber da dieser auch sporadisch in epidemiefreien Zeiten beobachtet wird, so bleibt eben auch bei dieser Annahme noch das Auftreten der Pandemien ursächlich zu erklären übrig. In diesem Zusammenhang dürften Studien von Interesse sein, die Dr. C. M. Richter in San Francisco anlässlich der letzten Grippeepidemien gemacht hat. (*Archives of internal medicine* 1921, vol. XXVII, pag. 361—386.)

Beim Vergleich mit den vorhandenen meteorologischen Daten der Jahre 1826—1920 fand Richter ein auffallendes Zusammenfallen der Zeiten von Influenza- und Lungenentzündungsepidemien mit Perioden von anhaltendem hohen Luftdruck, sogenannten Antizyklen. Diese Antizyklen entstehen als Folge von größeren Zyklen dadurch, daß gewaltige Mengen kalter Luft sich in niedrigere Breiten ergießen. Hierbei entsteht ein Gebiet hohen Luftdruckes, das mehr oder weniger beständig ist, je nach dem schnelleren oder langsameren Vorrücken der Zyklen. Im Zentrum solcher Antizyklen steigt die Luft in Wirbeln herab und fließt an der Grenze des Hochluftdruckgebietes nach allen Seiten ab. Die fortschreitende Bewegung der Antizyklen ist gewöhnlich für Europa 25 Kilometer, für Amerika 41. Immerhin kann ein Hochluftdruckgebiet über Amerika oder ganz Europa 1—4 Wochen lang stationär bleiben. Das im ganzen seltene Auftreten solch langdauernder Hochluftdruckgebiete hängt wiederum von der Sonnentätigkeit und ihrer Fleckenperiode ab.

Richter gelangte nun in seiner Arbeit zu folgenden Schlüssen über die Influenzaepidemien:

Der Wechsel von Pandemien mit Zeiten relativ seltenen Auftretens der Krankheit fällt zusammen mit dem Wechsel von Hochluftdruckperioden und solchen mit darauffolgendem niedrigeren Druck. Das erste Auftreten einer Influenza bei einer Pandemie und deren volle Entwicklung stehen geographisch in Zusammenhang mit dem Auftreten und der Entwicklung gewisser Antizyklen. Das aufeinanderfolgende Befallenwerden größerer Gebiete auf dem Kontinent nimmt stets den Anfang in dem einen oder dem anderen Zentrum der großen Antizyklen auf der Erde, wie in Innerasien, Canada (1890 und 1918) und den Canarischen Inseln (spanische Krankheit). Die Ausbreitung der Pandemie folgt in Richtung und Geschwindigkeit den großen Antizyklen. Die einer Pandemie vorausgehende Wetterlage zeigt nach den Wetterkarten für längere Zeit das Fehlen von Zyklen. Sie ist der Vorbote der Luftlawine. Je mehr das Wetter sich dem antizyklonischen Typus nähert, je häufiger tritt Influenza auf. Ähnlich wie die ungewöhnliche Hochluftdruckperiode von 1830—40 mit der größten Influenzapandemie vor der Gegenwart zusammenfiel, so ging auch den Pandemien von 1890 und 1918 ein seit 1878 stetiges Anwachsen des Luftdruckes voraus, der erst in der Zeit der letzten Pandemie den höchsten Wert erreichte. Wochen vorher und während der Höhe der Pandemie waren die antizyklonischen Bedingungen für jede befallene Stadt von gleichem Typus. An keiner Stelle war es zu deutlicher zyklonischer Entwicklung gekommen. Erst beim Auftreten zyklonischer Bedingungen fiel die Krankheitsziffer in genau gleicher Weise

für jede Stadt fast an demselben Tage, an dem die zyklonische Wetterlage begann. Dies Zusammenfallen trat besonders klar im Januar 1920 hervor.

Zur Erklärung des ursächlichen Zusammenhangs nimmt *Richter* an, daß die Luft der Träger des die Krankheit bewirkenden Agens ist. Die Wirkung der im Kriege verwandten Kampfgase auf die Lunge und das pathologisch-anatomisch ähnliche Bild bei der Influenza lassen *Richter* vermuten, daß es sich bei der Influenza um die Wirkung eines in der Atmosphäre unter Hochluftdruckbedingungen vorhandenen giftigen Gases handelt. Auf Grund der Beobachtungen von *Jordan* und *Carlson* (*Journ. of the Amer. med. Assoc.* 61, 1007, 1918), über den schädlichen Einfluß von Ozon auf die Respirationsorgane bereits in der Verdünnung von 1:1 000 000; kommt *Richter* zu dem Schluß, daß das die Influenzaerkrankung bewirkende giftige Gas in der Luft Ozon sein kann, dessen Mengenverhältnis in der Luft mehrfach zu 1:700 000 bestimmt wurde, und das durch die vermehrte Sonnentätigkeit bei antizyklonischen Bedingungen sicher vermehrt ist.

H. Schmidt.

Untersuchungen zur Verjüngungshypothese Steinachs. (*B. Romeis*, Münch. med. Wochenschr. 192 Nr. 20 S. 600—603.) Die Unterbindungsversuche der Ausführungsgänge des Hodens an alten Rattenmännchen, durch welche *Steinach* eine „Verjüngung“ erzielte, hat *Romeis* wiederholt und einer Nachprüfung unterzogen. Er führte die Operation einerseits an einem 24 Monate alten Rattenmännchen aus, das alle typischen Alterserscheinungen zeigte, und andererseits an einem 8 Monate alten, normal entwickelten, geschlechtsreifen Rattenbock. Bei beiden wurde der rechte Hoden entfernt und am linken Hoden zwischen Hoden und Nebenhoden die Unterbindung der Ausführungsgänge nach *Steinach* vorgenommen. Das alte Tier wurde nach der Operation wieder etwas munterer; beide Tiere nahmen an Gewicht zu. Die Probe mit brünstigen Weibchen ergab, daß sich beide Männchen nach kurzem Beriechen dem Weibchen gegenüber völlig indifferent verhielten. Eine Steigerung des Geschlechtstriebes konnte also weder bei dem alten noch bei dem jungen Männchen beobachtet werden.

Sieben Wochen nach der Unterbindung wird auch der zweite, unterbundene Hoden durch Operation bei beiden Männchen entfernt. Der Hoden des Greises zeichnete sich durch eine außergewöhnliche Größe aus, die jedoch auf einen serösen Flüssigkeitserguß zurückzuführen war; der Nebenhoden war rückgebildet, Samenblasen und Vorsteherdrüse vergrößert. Beim jungen Rattenbock war der linke Hoden klein und atrophisch geworden, im übrigen zeigten sich ähnliche Befunde wie beim Greise.

Die histologische Untersuchung der vor und nach der Steinachschen Unterbindung entfernten Hoden ergab, daß im Hoden des Rattengreises vor der Unterbindung die Hodenkanälchen in ihrem Durchmesser deutlich verringert waren gegenüber normalem Hoden und in vielen Kanälchen die Spermiogenese völlig erloschen war. In manchen Kanälchen findet man Sertolische Zellen, Spermiogonien und Büschel von Spermatozoen, die aber größtenteils schon degenerative Veränderungen zeigten. Die Leydigischen Zwischenzellen (die von *Steinach* als „Pubertätsdrüse“ angesehen werden) sind gut entwickelt. Der Hoden des Ratten-

bockes bot vor der Unterbindung ganz das Bild eines normalen, geschlechtsreifen Hodens. Sieben Wochen nach der Unterbindung findet man im Hoden des Rattengreises die Samenkanälchen stark verkleinert. Die Zwischenräume zwischen ihnen sind mit einer geronnenen, eiweißreichen Flüssigkeit erfüllt, welche den gesamten Hoden stark gedehnt hat. Die Zwischenzellen treten (wegen der Verkleinerung der Samenkanälchen) deutlich hervor. Im Innern der Samenkanälchen sieht man Sertolische Zellen und Spermiogonien, zum Teil mit mitotischen Teilungsstadien. Nur vereinzelt sieht man alte, nicht resorbierte Spermien. Es hat den Anschein, als ob die Zwischenzellen stark gewuchert sind. Die Zellgröße der einzelnen Zwischenzellen hat zugenommen. Das Bild des Hodens des Rattenbockes nach der Unterbindung entspricht dem eben geschilderten sehr weitgehend, nur fehlt die Dehnung durch den serösen Erguß. In den Samenkanälchen findet man alle Stadien der Spermiogenese bis zum reifen Spermatozoon. Auch beim Rattenbock scheinen die Zwischenzellen vermehrt zu sein. Die Berechnung der Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandteile des Hodens zeigte deutlich, daß der samenbildende Bestandteil beim Rattengreise vor der Operation stark vermindert war, das Zwischengewebe dagegen etwas vermehrt. Bei den unterbundenen Hoden ergibt sich bei beiden Tieren eine gleich starke Verminderung des samenbildenden Anteils; entsprechend haben sich die Zwischenräume zwischen den Samenkanälchen vergrößert; das Zwischengewebe scheint relativ vergrößert zu sein, an absoluter Menge ergibt sich aber nur eine geringe Zunahme, die wahrscheinlich auf die beobachtete Größenzunahme der einzelnen Zellen zurückzuführen ist. Diese Messungen zeigen, daß keine oder wenigstens keine wesentliche Vermehrung des Zwischengewebes, der „Pubertätsdrüse“, stattgefunden hat, diese also nicht gewuchert ist. Die Vergrößerung der Samenblase und der Vorsteherdrüse ist keine wirkliche „Hypertrophie“, sondern nur durch Sekretstauung bedingt. Die beobachtete Zunahme der Lebhaftigkeit, der Freiblust und der Größe der Tiere nach der Unterbindung führt *Romeis* nicht wie *Steinach* auf eine Vergrößerung der Pubertätsdrüse zurück, sondern nur auf die Resorption der Abbaustoffe der Geschlechtszellen. So kommt *Romeis* zu dem Ergebnis, daß seine Untersuchungen der Steinachschen Verjüngungstheorie wenig günstig sind. Wie weit jene noch eine andere Deutung zulassen, soll hier nicht erörtert werden.

A. Pratje.

Kristallisiertes Chlorophyll. (*R. Kolkwitz*, Ber. d. Deutschen Bot. Gesellsch., Jg. 38, S. 245, 1920.) Verfasser legte in der Julisitzung der Gesellschaft die Kristalle des *Athylchlorophyllids* vor, welche in Form mikrokristallinischer Sechsecke und Dreiecke aus dem Hohlzahn (*Galeopsis tetranis*) und dem Spargelkraut (*Asparagus officinalis*) gewonnen waren; auch kräftig entwickelte Blätter der Wasserminze (*Mentha aquatica*) u. a. m. sind ein gutes Ausgangsmaterial. Die Gewinnungsmethode, ausgebildet im Anschluß an die Arbeiten von *Borodin*, *Monteverde* und *Willstätter*, ist sehr einfach: Man stellt (ohne Erwärmen) tiefgrüne Extrakte mit wenig Alkohol her und läßt einige Tropfen davon auf dem Objektträger langsam verdunsten. Gleichzeitig entstehen dann auch die rötlichen Kristalle des *Karotins* und *Xanthophylls*.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 30. (Seite 583—598)

29. Juli 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Über einen neuen Effekt der Strahlung. Von *Fritz Weigert, Leipzig*. (Mit 2 Abbildungen.) S. 583.

Fermentstudien. Von *Martin Jacoby, Berlin*. S. 588.

Die Entstehung der Mondkrater. Von *Alfred Wegener, Hamburg*. (Mit 2 Abbildungen). S. 592.

Besprechungen:

Haas, Arthur, Das Naturbild der neuen Physik. Von *Hans Reichenbach, Stuttgart*. S. 594.

Kende, Oskar, Geographisches Wörterbuch. Von *O. Baschin, Berlin*. S. 595.

Defant, Albert, Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen. Von *Bruno Schulz, Hamburg*. S. 596.

Kayser, E., Abriß der allgemeinen und stratigraphischen Geologie. 2. Auflage. Von *J. Wilser, Freiburg i. Br.* S. 597.

Astronomische Mitteilungen. S. 597—598.

Über die Dichten der Doppelsterne. The Parallaxes of 1646 Stars derived by the spectroscopic method.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Valenzkräfte und Röntgenspektren

Zwei Aufsätze über das Elektronengebäude des Atoms

Von

Dr. W. Kossel

o. Professor an der Universität Kiel

Mit 11 Abbildungen

Preis M. 12.—

Inhaltsverzeichnis:

- I. Über die physikalische Natur der Valenzkräfte.
- II. Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Erforschung des Atombaus.
 1. Die Bohrsche Atomtheorie.
 2. Röntgenspektren.
 3. Erregung der Röntgenlinien. Ihr Seriencharakter.
 4. Beziehungen zwischen den verschiedenen Serien eines Atoms.
 5. Die Gliederung des Atoms in Elektronenschalen.
 6. Der Bau der einzelnen Schalen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Hefes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 25 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G. m. b. H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

WARUM

haben Sie sich bei Ihrem Bedarf an Büchern bisher noch nie an mich gewandt?
Ich beschaffe Ihnen

ALLE

Werke, vergriffene auf Wunsch auch antiquarisch zu angemessenen Preisen.
Bedenken Sie, dass die

BÜCHER

bei der jetzigen allgemeinen Teuerung in guter Ausstattung noch die billigsten Erzeugnisse sind und daher auch als Geschenk die dankbarste Anerkennung finden. Wünschen Sie ein Verzeichnis

UMSONST?

So Schreiben Sie noch heute an
(252) **KARL W. GRUHL,**
Versandbuchhandlung,
LEIPZIG 38, Scharnhorststr. 63.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Einführung in die experimentelle Therapie

Von

Professor Dr. **Martin Jacoby**

Zweite, neubearbeitete Auflage

Mit 12 Textabbildungen. 1919. Preis M. 22.— (und Teuerungszuschlag)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

29. Juli 1921.

Heft 30.

Über einen neuen Effekt der Strahlung.

Von Fritz Weigert, Leipzig.

Vor zwei Jahren gelang es mir zu zeigen, daß das linear polarisierte Licht spezifische gerichtete Effekte in bestimmten lichtempfindlichen Systemen ausübt. Da die Erscheinungen neu und unerwartet waren, schienen sie zu einer Beschreibung an dieser Stelle geeignet zu sein. Ich zögerte aber immer noch, weil bei der weiteren experimentellen Bearbeitung des Effektes zunächst recht unzusammenhängende Ergebnisse zutage traten. Es scheint jedoch jetzt, daß sie sich von einem einheitlichen Gesichtspunkt betrachten lassen, so daß ich einige Ergebnisse der Versuche hier ganz kurz zusammenfassend wiedergeben will¹⁾.

In einer chemischen Wirkung des Lichtes muß man unter allen Umständen eine Umwandlung der Strahlung in andere Energieformen erblicken, sie ist also nur als Untergruppe der allgemeinen Strahlungsumformungen zu betrachten. Dies kommt schon in dem Grothusschen Absorptionsgesetz zum Ausdruck, welches besagt, daß nur dann ein photochemischer Prozeß eintritt, wenn die Strahlung absorbiert wird. In dieser Form ist also das Energieprinzip schon 24 Jahre vor Mayer und Helmholtz auf photochemische Vorgänge angewendet worden. Ihre energetische Behandlung bietet weiter keine Schwierigkeit: Die gesamte bei einer photochemischen Umwandlung absorbierte Strahlungsenergie muß in Form einer Summe von Wärme, chemischer Energie, Strahlungsenergie und beliebigen anderen Energieformen wieder auftreten. Die meistens wahrscheinlich recht schwierige experimentelle Ermittlung dieser Äquivalenz ist nicht von großem theoretischem Interesse.

Erst Einstein gelang es, in diese Probleme einen neuen Gesichtspunkt einzuführen, indem er die Plancksche Quantentheorie zu einer stöchiometrischen Verknüpfung der Strahlungsenergie mit den Veränderungen in der Materie verwertete. Das Einsteinsche Äquivalentgesetz sagt aus, daß bei jedem Elementarprozeß, der direkt mit einer Strahlungsabsorption oder Emission gekoppelt ist, ein Energiequant $h\nu$ umgesetzt wird. Die idealste experimentelle Bestätigung des Äquivalentgesetzes ist das Bohrsche Atom, in dem ja die einfachste überhaupt denkbare photochemische Reaktion vorliegt. Denn in diesem Fall ist die

Einsteinsche Forderung der vollkommenen Reversibilität eines photochemischen Vorganges mit Strahlung einer bestimmten Frequenz restlos erfüllt, wenn man die mit Strahlungsemission oder Absorption verbundenen Übergänge zwischen den verschiedenen Quantenbahnen als photochemische Übergänge zwischen allotropen Modifikationen desselben Elementes mit verschiedenem Energieinhalt auffaßt. Zwei verschiedene Quantenzustände des Wasserstoffs verhalten sich vom chemischen Standpunkt ganz ähnlich wie die beiden allotropen Modifikationen des Sauerstoffs: Sauerstoff und Ozon, die ja auch photochemisch ineinander überführbar sind.

Die Tatsache, daß das Gesetz nur in sehr wenig Fällen bei gewöhnlichen photochemischen Reaktionen quantitativ bestätigt werden konnte, kann kein Einwand gegen seine Gültigkeit sein (in der physikalischen Chemie findet man genug analoge Beispiele!). Die Seltenheit der experimentellen Prüfbarkeit liegt vielmehr daran, daß der primäre durch die Strahlung bewirkte Vorgang, auf den allein das Einsteinsche Gesetz anwendbar ist, in den meisten Fällen nicht faßbar ist. Ein chemischer Nachweis ist erst am Ende einer häufig ziemlich langen Reihe von Folgereaktionen möglich, und die Bestätigungen des Gesetzes durch Warburg zeigen, daß in einigen besonders einfachen Fällen der stöchiometrische Zusammenhang zwischen der Anzahl der aufgenommenen Energiequanten und der Moleküle des chemisch faßbaren Endproduktes der photochemischen Reaktion erhalten bleiben kann.

Die vorstehend besprochenen Grundlagen der Photochemie, sowohl das qualitative Grothussche Absorptionsgesetz als auch das quantitative Einsteinsche Gesetz sagen nichts über spezifisch verschiedene Wirkungsweisen der verschiedenen Strahlenarten aus. Eine Folge beider Gesetze ist das energetische Ergebnis, daß die in dem photochemischen Prozeß gewonnene chemische Energie nicht größer sein kann als die absorbierte Strahlungsenergie. Darüber hinausgehend sagt aber das Einsteinsche Gesetz noch etwas über die maximalen Ausbeuten aus, und zwar sind nach der bequemen Fassung des Gesetzes nach E. Warburg die von einer Kalorie absorbierter Strahlung umgewandelten Stoffmengen p in Gramm-Molen:

$$p = \frac{\lambda}{28400} \frac{\text{Mol}}{\text{cal}} \quad (\lambda \text{ in } \mu)$$

Hierdurch ist es allerdings möglich, durch quantitative Messungen nachträglich die Wellen-

¹⁾ Die experimentellen Belege für die folgenden Ausführungen sind in den am Schluß zusammengestellten Mitteilungen enthalten.

länge festzustellen, welche bei der Lichtreaktion eingewirkt hat, aber die qualitative Natur der photochemischen Veränderung des Systems ist bei allen Wellenlängen, welche überhaupt wirken können, dieselbe.

Wir besitzen also noch keine Mittel, die wichtigste spezifische Eigenschaft der Strahlung, ihre Frequenz, photochemisch zu fassen, und dasselbe gilt für die andere charakteristische Strahlungseigenschaft, ihren Polarisationszustand. Hierfür lag allerdings bis jetzt noch kein Bedürfnis vor, weil eine spezifische photochemische Wirkung der linear polarisierten Strahlung noch niemals beobachtet worden ist.

Von diesem Standpunkt aus ist es von ganz besonderem allgemeinen Interesse, daß schon seit langer Zeit einige lichtempfindliche Systeme bekannt sind, welche bei Bestrahlung mit farbigem Licht die Farbe des Erregungslichtes annehmen. Sie zeigen eine „Farbanpassung“. Das bekannteste Beispiel ist das durch Belichtung dunkel angelaufene Chlorsilber, das sogenannte Photochlorid, auf dem man ein lichtstarkes Spektrum annähernd farbenrichtig abbilden kann. Die naheliegenden Hoffnungen, diese Eigenschaft zu einer Methode der Photographie in natürlichen Farben auszubilden, haben sich allerdings nicht erfüllt.

Die Strahlung einer bestimmten Frequenz wirkt in diesen Fällen also nicht allein durch die Größe und Zahl der Energiequanten h auf das lichtempfindliche System ein, sondern ganz spezifisch qualitativ verschieden von der Strahlung jeder anderen Frequenz, und es ist zweifellos, daß die sichtbare Wirkung sehr eng mit dem eigentlichen Absorptionsakt verknüpft ist, bei dem das Licht gerade dieser Wellenlänge verschwand.

Diese spezifische Wirkung ist aber noch auffallender, wenn man farbiges Licht in einer bestimmten Polarisationsebene auf die Photochloride einwirken läßt. Hierdurch nehmen sie nicht nur die Farbe der Erregungsstrahlung an, sondern die von der Erregung isotropen Systeme erhalten die Eigenschaften doppeltbrechender Kristalle, und zwar liegt die optische Achse des in den einfachsten Fällen optisch einachsigen neuen anisotropen Systems in der Schwingungsrichtung der linear polarisierten Erregungsstrahlung. Es liegen also hier zum erstenmal *gerichtete spezifische Wirkungen der linear polarisierten Strahlung* vor, und der neue Strahlungseffekt ermöglicht es daher, die *Schwingungsrichtung des Lichtes dauernd photographisch festzuhalten*.

Die Erscheinung ist außerordentlich einfach zu demonstrieren, wenn man als lichtempfindliches System irgendeines der photographischen Auskopierpapiere (Aristo-, Celloidin- oder Albuminpapier) verwendet. Durch kurzes Belichten bis zu einem nicht zu dunklen rötlich-blauen Ton ist das Papier genügend farbenempfindlich ge-

worden. Man bedeckt es dann am besten in einem Kopierrahmen mit einem roten Glas und läßt durch ein Nikolsches Prisma die Sonnenstrahlung so lange einwirken, bis das erregte Feld einen deutlich roten Ton angenommen hat. Wenn man dieses dann durch ein Beobachtungsnikol betrachtet, sieht man beim langsamen Drehen desselben eine Veränderung des Farbentons, und zwar erscheint das Feld am hellsten rot, wenn die Polarisationsebene des Beobachtungsnikols parallel mit der Polarisationsebene bei der Erregung liegt.

Die Schicht ist also durch die Erregung mit rotem Licht dichroitisch geworden, wie viele farbige doppeltbrechende Kristalle, und mit diesem Dichroismus, der eine sehr auffallende und leicht zu beobachtende Abhängigkeit von der Erregungsfarbe zeigt, wollen wir uns im Folgenden hauptsächlich beschäftigen.



Fig. 1.

Wie stark die dichroitischen Effekte sein können, geht aus der Fig. 1 hervor, in welcher vier kreisrunde Felder in verschiedener Weise mit linear polarisiertem Licht erregt worden sind. Die Auskopier- (Gelatine-) Emulsion war in diesem Fall auf Glasplatten gegossen, so daß sich die Farbenveränderungen leichter beobachten lassen als auf Papier. Die erste Reihe zeigt das vollkommen gleichmäßige Aussehen der vier Felder im natürlichen und die beiden anderen Reihen das verschiedenartige im senkrecht und horizontal polarisierten Licht. Die Erregung hatte bei Feld 1 mit zur Hälfte vertikal, zur anderen Hälfte horizontal polarisiertem, bei Feld 2 nur mit vertikal, bei Feld 3 nur mit horizontal polarisiertem Licht stattgefunden. Bei Feld 4 endlich war ein Quarzkeil, wie er in der optischen Kristallanalyse verwendet wird, in Diagonalstellung zwischen dem Erregungsnikol und der Aufnahmeplatte eingeschaltet, und entsprechend ist das Feld von hellen und dunklen Streifen durch-

zogen, die in Reihe 2 und 3 ihre Plätze vertauscht haben.

Wie die oberste Reihe der Figur 1 zeigt, ist im natürlichen Licht kein Unterschied in der Aufhellung der Schichten zu beobachten, wie auch die Polarisationssebene gerichtet war. Die Unterschiede treten erst beim Beobachten mit einem Polarisator hervor. Wenn man aber zwei benachbarte Felder einerseits mit linear polarisiertem Licht, andererseits mit zirkular polarisiertem oder natürlichem Licht genau derselben Intensität erregt hat, dann zeigen die beiden Felder schon bei der Beobachtung im natürlichen Licht geringe, aber deutliche Unterschiede in der Farbennuance. Auf diesen „indirekten Effekt“ sei an dieser Stelle nur kurz hingewiesen, weil er zeigt, daß allein die Tatsache der Polarisation des Lichtes in einer bestimmten Ebene die Lichtwirkungen qualitativ verschieden von der des natürlichen oder zirkular polarisierten Lichtes machen kann. Wegen der Deutung sei auf die am Schluß zitierten Mitteilungen verwiesen.

Der hier beschriebene Effekt der polarisierten Strahlung schien nicht nur als eine neue Erscheinung, die bei künftigen theoretischen photochemischen Untersuchungen stets zu berücksichtigen sein wird, sondern auch aus dem Grunde für eine weitere Untersuchung lohnend, weil wir mit Sicherheit eine Veränderung eines lichtempfindlichen Systems vor uns haben, welche in der direktesten Beziehung zum eigentlichen primären Absorptionsakt der Strahlung steht. Da das absorbierende System fest ist und nicht aus einem hochverdünnten Gas besteht, waren zunächst allerdings keine für den Atomphysiker interessanten Resultate zu erwarten, dafür aber vielleicht eine neue Erkenntnis über die Lichtabsorption in festen und flüssigen Körpern, mit denen wir alltäglich zu tun haben.

Zur quantitativen Untersuchung des Dichroismus, welcher sich qualitativ, außer mit der beschriebenen rohen Methode, auch feiner mittels des Polarisationsmikroskops untersuchen läßt, mußten möglichst empfindliche Methoden verwendet werden. In der experimentellen Kristallphysik kommt es mehr auf den qualitativen Nachweis seiner Existenz an als auf seine genaue quantitative Bestimmung. Hierzu reicht u. a. die bekannte Haidingersche dichroitische Lupe aus. In dem hier interessierenden Fall des durch polarisierte Strahlung entstandenen akzidentellen Dichroismus war dagegen die exakteste Verfolgung über das ganze Spektrum erforderlich.

Die quantitative Definition für den Dichroismus ist auf folgenden Grundlagen möglich: Wenn e und m die Schwingungsrichtungen sind, in welchen der elektrische und der magnetische Vektor der erregenden Strahlung schwingen, dann sind im allgemeinen nach der Erregung der auf Glas gegossenen vollkommen durchsichti-

gen Photochloridgelatineschichten die in der e - und m -Richtung durchgelassenen Lichtintensitäten I_e und I_m voneinander verschieden. Der Logarithmus des Verhältnisses dieser beiden Intensitäten ist ein Maß für den Dichroismus:

$$D = \log I_e/I_m.$$

Diese Definition ist ganz analog der bekannten für die photometrische Extinktion:

$$E = \log I_0/I,$$

wo I_0 und I die Lichtintensitäten vor und nach dem Passieren eines absorbierenden Systemes bedeuten.

Ebenso wie man in letztem Fall von einer spektralen Verteilung der Extinktion in der Extinktionskurve spricht, kann man auch die spektrale Verteilung des Dichroismus in den dichrometrischen Kurven verfolgen. Beide Größen D und E sind sehr nahe verwandt. Während die Extinktion in bekannter Weise proportional der Anzahl der absorbierenden Teilchen überhaupt ist, ist der Dichroismus proportional der Anzahl absorbierender Teilchen, welche in einer bestimmten Richtung orientiert sind.

Die Messung des Dichroismus wurde in einem „Halbschatten-Dichrometer“ ausgeführt, welches die Neigung der Schwingungseellipse von elliptisch polarisiertem Licht zu messen gestattete, das beim Passieren dichroitischer Objekte aus linear polarisierten entsteht. In einem guten Halbschatten-Polarisationsapparat nach Lippich war die Messung bis auf $0,01^\circ$ genau möglich, was einer Meßgenauigkeit von ca. 0,03% der Intensität des Lichtes entspricht. Die Messungen sind bei Verwendung des homogenen Lichtes der Quecksilberlinien sehr scharf und übertreffen die Einstellungsgenauigkeit der gewöhnlichen Photometer in einigen Fällen um das Hundertfache. Die wesentlichsten Ergebnisse der Untersuchung sind dieser bequemen und feinen Meßmethode zu verdanken, und die Erregung mit linear polarisiertem Licht bedeutet in vielen Fällen nur ein analytisches Hilfsmittel, um sie anwenden zu können.

Die Photochloride zeigten nun bei ihrer Erregung mit polarisiertem einfarbigem Licht eine Veränderung der dichrometrischen Kurven, welche am einfachsten als eine „dichrometrische Farbenanpassung“ bezeichnet werden kann. D. h. wenn bei der Erregung rotes Licht verwendet wurde, war der Dichroismus nur für Rot positiv, es wurde also in der e -Richtung mehr rotes Licht durchgelassen, als in der m -Richtung. Bei Grünerregung galt dasselbe für Grün und bei Blauerregung für Blau. Die Form der dichrometrischen Kurven hatte also für jede Farbe eine ganz spezifische Gestalt. Die Erscheinung war am deutlichsten in den allerersten Stadien der Erregung und konnte schon festgestellt werden, wenn die Schicht auch nur mit einem Lichtblitz von $1/50$ Sek. bestrahlt wurde. Die Empfindlich-

keit des Effekts ist am größten im Rot, und nimmt nach Blau ab.

Bei längerer Dauer der Erregung mit einfarbigem Licht traten auch für die anderen Farben, welche die Erregungsstrahlung nicht enthielt, dichroitische Effekte ein, und zwar wurde in den meisten Fällen, besonders für die Farben, welche kurzwelliger als die Erregungsfarbe waren, der Dichroismus negativ. Dieser im Gegensatz zu dem beschriebenen „normalen“ als „invers“ bezeichnete Effekt bedeutet, daß die Schicht in der Richtung des elektrischen Vektors dunkler wurde als vorher.

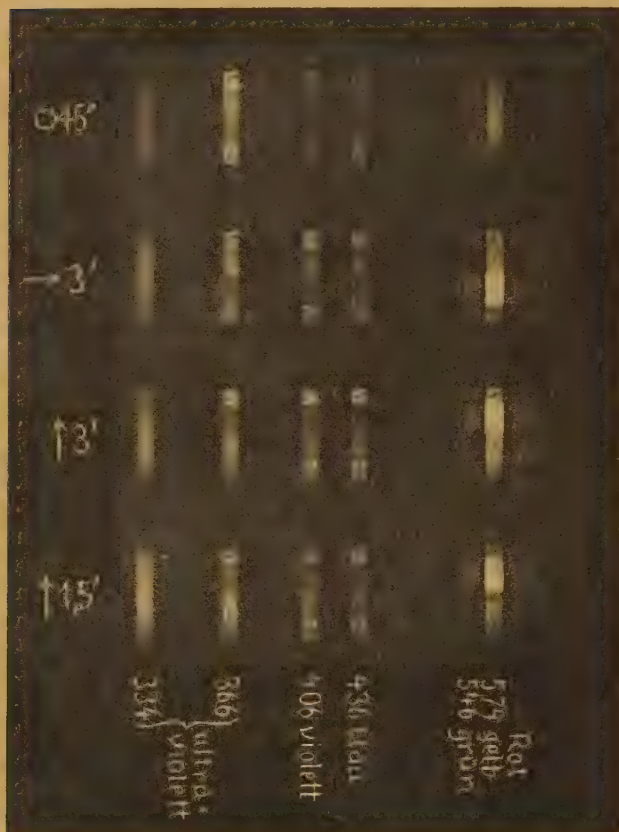


Fig. 2.

Über das Aussehen dieser inversen Effekte gibt die Figur 2 Auskunft. Sie enthält vier Spektralaufnahmen der gelben, gelbgrünen, blauen, violetten und der beiden durch Glas noch durchgelassenen ultravioletten Hauptlinien des Quecksilberbogens mit sehr weitgestelltem Spalt des Spektrographen. Vor dem Spalt war ein zur Hälfte mit horizontal und vertikal polarisiertem gelbroten Licht erregtes Objekt befestigt, wie es auch in der Figur 1 links dargestellt ist. Die Trennungslinie lag hier horizontal und die Polarisationssebene war oben senkrecht und unten horizontal. Die sehr breiten verschiedenfarbigen Spaltbilder geben gleichzeitig eine Darstellung

des mittleren Teils des dichroitischen Objektes in den verschiedenen Farben. Die oberste Reihe ist mit natürlichem, die drei anderen mit linear polarisiertem Licht unter den in der Figur 2 angegebenen Bedingungen photographiert worden. Diese zeigen nun sehr deutlich, daß im Gelb und Grün (welches wegen der starken Lichtabsorption nur schwach abgebildet ist) der normale Effekt, wie in Figur 1, eintritt, in den kurzwelligeren Linien aber der inverse, d. h. das Intensitätsverhältnis in den beiden Feldhälften hat sich umgekehrt. In der kurzwelligeren ultravioletten Linie auf der linken Seite der Figur ist die Erscheinung nicht mehr zu beobachten.

Im weiteren Verlauf der Erregung konnten die inversen Effekte wieder ihr Vorzeichen umkehren und nun positiv sogar über den Wert des Dichroismus für die Erregungsfarbe selbst herauswachsen. Mit diesen und noch weiteren Umkehrungserscheinungen und Anomalien, welche sehr stark an die photographischen Solarisationserscheinungen erinnern, und die in zahlreichen Diagrammen in den zitierten Mitteilungen wiedergegeben sind, wollen wir uns hier nicht beschäftigen, sondern nur mit den einfachsten charakteristischen Anfangerscheinungen einer scharfen dichrometrischen Farbenanpassung, verbunden mit inversen Effekten in den erregungsfremden Farben.

Bei starker Erregung mit einfarbigem Licht kann man, wie ja aus den Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, direkt mit dem Nikol eine deutliche Färbung in der e -Richtung beobachten. Diese sichtbare Farbenanpassung, welche als „physiologische Farbenanpassung“ bezeichnet werden möge, liegt schon weit in dem Gebiet der Störungen, wo die charakteristischen Anfangerscheinungen schon ganz überdeckt und verschleiert sind.

Die zum Vergleich ausgeführten photometrischen Messungen der Extinktion bei Erregung der Schichten mit farbigem natürlichem Licht ließen nun die merkwürdige Erscheinung erkennen, daß auch in diesen Fällen eine selektive Ausbleichung für die Erregungsfarbe begleitet ist von einer Verdunkelung in den erregungsfremden Farben. Dies geht aus der folgenden Tabelle hervor, in der das Verhältnis der Extinktionen nach und vor der Erregung E_n/E_v für verschiedene Erregungs- und Meßfarben eingetragen ist.

Meßfarben	Erregungsfarben		
	E_n/E_v Orange	E_n/E_v Grün	E_n/E_v Blau
Gelb	0,996	1,102	1,283
Grün	1,033	0,936	1,112
Blau	1,182	1,069	0,945

Man erkennt deutlich die Aufhellung, wenn Erregungs- und Meßfarben übereinstimmen (E_n/E

<1) und die Verdunkelung in den anderen Spektralgebieten $E_n/E_v > 1$.

Ich habe diese früher noch nicht beschriebene Erscheinung, welche in dem ersten Spektrum der Figur 2 direkt sichtbar ist, als eine „Absorptionsverschiebung“ bezeichnet, die man sich so vorstellen kann, daß die Erregungsfarbe gewissermaßen die Absorption nach den anderen Spektralgebieten wegdrückt. Die damit zusammenhängende „photometrische Farbenanpassung“ ist also ein vollkommenes Analogon zu der „dichrometrischen“ mit ihren inversen Effekten. Doch ist die letztere in viel früheren Stadien der Erregung festzustellen, wo eine „photometrische“ oder gar eine „physiologische Farbenanpassung“ auch nicht andeutungsweise zu erkennen ist.

Die bekannte wirklich erkennbare physiologische Farbenanpassung der Photochloride erscheint nach diesen Ergebnissen in einem neuen Licht, weil die übliche Auffassung, welche sich besonders aus den Versuchen *Wieners* ergab, und die eine selektive Ausbleichung für die Erregungsfarben in einem vielfarbigen Farbstoffgemisch annahm, nach der Auffindung der Absorptionsverschiebungen und der inversen Effekte im polarisierten Licht kaum mehr haltbar ist. Es würde nämlich hierzu die noch kompliziertere spezielle Annahme nötig sein, daß beim Verschwinden eines Bestandteils des Farbstoffgemisches ein neuer entsteht, der gerade komplementär gefärbt ist. Ein rot-violetten Farbstoff, der im Grün absorbiert und lichtempfindlich ist, müßte sich in einen grünen umwandeln, der im Rot und Blau absorbiert, und dieselben Bedingungen müßten in übertragener Weise für die anderen Bestandteile des hypothetischen Farbstoffgemisches gelten. Da die Farbenanpassungen reversibel sind, müßten die im Licht entstandenen neuen komplementär gefärbten Stoffe auch ihrerseits wieder in der analogen Weise lichtempfindlich sein.

Dies sind aber alles Anforderungen an die Veränderlichkeit des chemisch sehr einfachen Systems Chlorsilber + Silber, aus dem ja das Photochlorid besteht, für welche die Chemie heute noch keine Ausdrucksmöglichkeiten besitzt. Es lag daher der Schluß nahe, daß die Farbenänderungen nicht chemisch, sondern nur physikalisch zu deuten sind. Dies konnte durch zwei direkte Versuche bestätigt werden, welche zeigten, daß die Silbermenge in den Photochloriden durch die farbige Erregung mit natürlichem und polarisiertem Licht nicht verändert wird.

Der eine Beweis war ein kolorimetrischer durch die Feststellung, daß bei der Überführung des metallischen Silbers in eine andere gefärbte Verbindung (durch eine der üblichen photographischen Verstärkungsmethoden) sowohl die Farbenanpassung, die Absorptionsverschiebungen, als auch alle dichroitischen Effekte verschwanden. Die erreichte Stelle der Schicht unterschied

sich in keiner Weise von ihrer Umgebung. Der zweite Beweis konnte durch die sehr empfindliche nephelometrische Silberbestimmung direkt chemisch erbracht werden.

Ein weiterer Schritt vorwärts zur Aufklärung der ganzen Erscheinungen konnte durch den ultramikroskopisch und spektrophotometrisch erbrachten Nachweis gemacht werden, daß die Farbenänderungen durch das Licht sich in heterogenen Komplexen abspielen, welche unterhalb der ultramikroskopischen Auflösungsgrenze liegen, aber größer sind als Einzelmoleküle. Die ganzen Erscheinungen spielen hierdurch sehr stark in das Problem der Farben kolloider Systeme hinein und lassen sich mittels unserer Erfahrungen auf kolloidchemischem Gebiet behandeln.

Hier kennt man ja schon lange Farbenänderungen ohne einen chemischen Umsatz, und man führt sie gewöhnlich auf eine Veränderung des Verteilungs- oder Dispersitätsgrads der heterogenen Teilchen zurück. Auch hier kennt man schon lange typische Absorptionsverschiebungen, und der Farbwechsel von trockener Goldgelatine von Blau nach Rot, beim Aufquellen mit Wasser, der zuerst von *Faraday* untersucht wurde, entspricht ja einem Verschwinden der Absorption im Rot und einer Verstärkung im Blau.

Über die Farbenänderungen in den kolloiden Systemen ist wohl noch lange nicht das letzte Wort gesprochen, und gerade diese letzten Erscheinungen und vor allen Dingen die neuen hier beschriebenen Farbenänderungen im farbigen Licht, welche ohne allen Zweifel gemeinsam mit ihnen zu behandeln sein werden, machen die Annahmen von *Kirchner* und *Zsigmondy* sehr wahrscheinlich, daß außer der Veränderung der Teilchengrößen auch die mehr oder weniger enge Lagerung der Einzelmoleküle, welche ein heterogenes Mizell zusammensetzen, sehr stark die Farben des Systems beeinflussen. Die integrale optische Beeinflussung durch alle mit der Lagerungsdichte zusammenhängenden Faktoren soll als „optische Packungsdichte“ bezeichnet werden.

Die Variabilität der Farbenanpassungen, die Absorptionsverschiebungen, die normalen und inversen Effekte im polarisierten Licht führen nun zu dem Schluß, daß in den amikroskopischen Mizellen, welche als die Träger der Erscheinungen nachgewiesen worden sind, die optische Packungsdichte nicht überall dieselbe ist, also eine gewisse „optische Struktur“ herrscht, deren Veränderungen in bestimmten Zonen des Mizells und in bestimmten durch den elektrischen Vektor der erregenden Strahlung gegebenen Richtungen die beobachteten Erscheinungen verursachen.

Die Aufnahme eines Energiequants $h\nu$ aus der erregenden Strahlung bewirkt also bei den hier interessierenden Wirkungen keine eigentlichen chemischen Veränderungen, wie in den

gewöhnlichen photochemischen Prozessen, sondern eine Strukturveränderung des Mizells, welche durch die spezielle Lokalisation der Absorption für jede Farbe ganz spezifisch ist und ihm bei Erregung mit polarisiertem Licht eine ganz bestimmt gerichtete Anisotropie aufzwingt. Diese Strukturveränderungen werden durch sehr geringe Verschiebungen der Moleküle gegeneinander hervorgerufen, und wir können den neuen Strahlungseffekt gewissermaßen als eine gerichtete und durch den festen Zustand des Systems „eingefrorene“ Wärmebewegung auffassen. Hiermit steht der Befund im Einklang, daß die dichroitischen Effekte mit Annäherung an das rote Spektralende immer deutlicher werden.

Der gerichtete Effekt der polarisierten Strahlung tritt nicht nur bei den Photochloriden, sondern auch bei einer Anzahl anderer lichtempfindlicher Systeme ein, unter denen besonders Farbstoffkolloidumschichten genannt seien. Die spezielle Untersuchung dieser bedeutend komplizierteren Systeme, in denen chemische Umsetzungen nicht auszuschließen sind (was bei den Photochloriden möglich ist), erlauben nun scheinbar auch Einblicke in die den mechanischen Verschiebungen vorangehenden Stadien der Erscheinung. Danach ist es sehr wahrscheinlich, daß in Übereinstimmung mit der Anschauung zahlreicher anderer Autoren der erste Vorgang nach der Aufnahme des Energiequants in Ladungsverschiebungen besteht, deren Orientierung jedoch durch die Schwingungsrichtung des elektrischen Vektors und deren Größe durch die Wellenlänge der erregenden Strahlung gegeben ist. Die dauernd beständigen Molekularverschiebungen sind erst sekundär durch diese gerichteten ersten inneren lichtelektrischen Effekte hervorgerufen.

In einem späteren Aufsatz beabsichtige ich auf diese Versuche einzugehen und auf die jetzt schon sehr deutlich sichtbaren Möglichkeiten ihrer Übertragung auf eine Reihe von Problemen der Photochemie, Photographie, Lumineszenzerscheinungen und der biologischen Lichtreaktionen. Die neuen Effekte unterscheiden sich dadurch von den meisten anderen Lichtwirkungen, daß sie gerade in das sichtbare Spektralgebiet messend einzudringen gestatten, in dem erst wenige photochemische Reaktionen untersucht worden sind, und dessen energetische Ausnutzung im Sonnenlicht eines der wichtigsten physikalisch-chemischen Probleme der Zukunft darstellt.

Literatur:

F. Weigert, Über reale photochemische Vorgänge. Z. f. Elektrochemie 23, 357, 1917.

F. Weigert, Über Lichtwirkungen in Kristallen. Ebenda 24, 224, 1918.

F. Weigert, Über einen neuen Effekt der Strahlung. I. Mitt. Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 21, 479, 1919; II. Mitt. ebenda 21, 615, 1919; III. Mitt. ebenda 21, 623, 1919; IV. Mitt. Z. f. Physik 2, 1, 1920; V. Mitt. ebenda 4, 437, 1920; VI. Mitt. ebenda 5, 410, 1921.

F. Weigert, Zur Theorie der photographischen Prozesse. Z. f. angew. Chemie 32, Wirtschaftlicher Teil, S. 616, 1919.

F. Weigert, Die spezifische Wirkung der polarisierten Strahlung. Ann. d. Physik 63, 681, 1919.

F. Weigert, Über polarisiertes Fluoreszenzlicht. Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. [3] 1, 100, 1920.

F. Weigert, Zur Kenntnis der optischen Eigenschaften disperser Systeme I. Koll. Zeitschr. 28, 115, 1921; II. Mitt. gem. mit H. Pohle, ebenda 28, 153, 1921.

W. Schoeller, Zur Photochemie des photograph. Auskopierprozesses. Dissert. Leipzig 1921.

F. Weigert, Ein photochemisches Modell der Retina. Erscheint demnächst in Pflügers Archiv.

Fermentstudien.

Von Martin Jacoby, Berlin.

Im letzten Jahrzehnt habe ich eine Reihe von Fermentstudien ausgeführt, die wegen der Einheitlichkeit der Problemstellung und der Ab rundung der Resultate eine zusammenfassende Darstellung erwünscht erscheinen lassen. Das Ziel war, wie das auf dem Grenzgebiete der Biochemie naheliegend ist, ein doppeltes, ein biologisches und ein chemisches.

Der Ausgangspunkt der Forschungsperiode war eine biologische Erwägung. Frühzeitig hatte ich erkannt, daß die Fermente trotz ihrer Antigennatur im Kreise der Substanzen der Tier- und Pflanzenwelt, welchen wie den Toxinen und Antitoxinen besondere biologische Bedeutung zukommt, eine Sonderstellung einnehmen. Schon im Jahre 1906 führte ich eingehend aus, daß die Ehrlichsche Seitenkettentheorie zum mindesten nicht Anspruch auf Allgemeingültigkeit machen könne, da sie für die Lehre von den Fermenten und Antifermenten vollkommen versagt. Schon damals setzte ich auseinander, daß gerade auf dem Gebiete der Ureasen, also der Fermente, welche den Harnstoff spalten, sich Schwierigkeiten ergeben, weil ein chemisch so einfaches Substrat wie der Harnstoff nicht imstande ist, in seinem Bau den komplizierten chemischen Anforderungen der Theorie zu genügen und dennoch gerade die Ureasen besonders spezifische Fermente sind. Als daher durch den japanischen Forscher *Takenuchi* die Urease der Sojabohne zugänglich geworden war, ging ich mit meiner Schülerin M. Falk daran, die Frage der Fermente und Antifermente mit Benutzung der Sojaurease sorgfältig zu studieren. Wir fanden, daß normales Serum vom Menschen und von verschiedenen Tieren die Ureasewirkung der Sojabohne in sehr intensiver Weise verstärkt, daß diese Wirkung eine durchaus spezifische ist, indem z. B. die Ureasewirkung des Akazien-samens durch Serum nicht verstärkt wird. Spritzt man einem Kaninchen die Urease ein, so kann man das Ferment im Serum des Versuchstieres nachweisen. Der Nachweis gelingt

um so leichter, weil ja das Serum die Eigenschaft besitzt, die Ureasewirkung zu verstärken. Es erleichtert also die Auxourease, wie ich die neue Serumsubstanz vorläufig benannt habe, den Nachweis der Urease.

Unser eigentliches Ziel war, die Entstehung einer Antiurease, also eines immunisatorisch entstehenden Antifermentes nachzuweisen. Die vorurteilslose Untersuchung führte aber zu völlig überraschenden anderen Ergebnissen. Die Voraussetzung zur Bildung eines Antikörpers ist, daß ein Tier mit dem eingeführten Antigen wirklich in Reaktion tritt. In der Tat reagiert nun das Versuchstier auf mehrfache Einspritzung von Urease in unverkennbarer Weise. Es hat nämlich die Urease, wenn man sie demselben Tier wiederholt einspritzt, im Organismus ein anderes Schicksal als bei der ersten Zuführung. Das Tier antwortet also auf die wiederholte Einspritzung der Urease mit einer Immunitätsreaktion. Aber die Immunitätsreaktion führt in unserem Falle nicht zu einer Bildung eines Antikörpers. Vielmehr unterscheidet sich bei der Urease-Immunitätsreaktion das Immuntier dadurch von dem Normaltier, daß eingeführte Urease nicht im Blutserum nachweisbar ist. Sie verschwindet anscheinend sofort aus dem Serum, ohne daß Antikörper auftreten oder die Auxourease irgendwie eine Beeinträchtigung erfährt. Dieser Nachweis war nur auf Umwegen durchführbar. Ich konnte dabei an frühere Versuche über die Einwirkung von Antikörpern auf adsorbierte Fermente anknüpfen und durch einen besonderen Kunstgriff die Auxowirkung des Serums ausschließen. Es ergab sich, daß der Organismus immunisatorisch auf die Zufuhr der Urease reagiert, ohne eine Antiurease ins Serum zu senden. In neuester Zeit sind die Ergebnisse dieser Versuchsreihe durch *Carnot, Gérard* und *Moissonier* bestätigt worden.

Die Auxoureasen erschließen ein ganz neues, wesentliches Gebiet auf dem Felde der Fermentforschung. Schon vor vielen Jahren habe ich im Anschluß an sehr bedeutsame Ausführungen von *Bertrand* betont, daß es bei der Wirkung eines Fermentes sehr auf das Milieu ankommt, in dem es in Tätigkeit tritt. Die Erkenntnisse der letzten Jahre sprechen dafür, daß dieses Milieu kaum weniger wichtig ist als das Ferment selbst. Allgemein bekannt ist zum Beispiel die große Bedeutung der Reaktion. Die Reaktion spielt eine so hervorragende Rolle, daß man eine Milieuwirkung, wie es die Wirkung der Auxostoffe ist, überhaupt erst dann eindeutig beurteilen kann, wenn man Sicherheit gewonnen hat, daß sie unabhängig von Einflüssen auf die Reaktion des Milieus ist. Das gilt aber von unseren Auxoureasen, wie es in einer besonderen Studie von *Rona* und *György* noch eigens festgestellt worden ist. Über die chemische Natur der Auxoureasen läßt sich noch nichts Endgültiges sagen. Es dürfte sich wohl um Substanzen handeln,

deren Aminosäurenkonstitution von Belang ist. Auch über die Art ihrer Wirkung ist noch nichts Abschließendes zu vermerken, wohl aber erkennt man schon jetzt die große physiologische Bedeutung dieser im tierischen Organismus weit verbreiteten Substanzen.

Die Auxoureasen stehen nämlich nicht ganz isoliert da. Etwa gleichzeitig mit dem Funde der Auxoureasen wurde in meinem Laboratorium durch *Guggenheimer* ermittelt, daß das Blutserum Stoffe enthält, welche die autolytischen Organfermente in ihrer Wirksamkeit steigern, also auxoautolytische Stoffe. Es war die Zeit, in der *Abderhaldens* Abwehrfermente im Vordergrund der Erörterung standen. Über die Biologie der Serumfermente bildete ich mir damals eine Vorstellung, die vollständig unabhängig von der eigentlichen Diskussion über die Abwehrfermente ist. Auch heute scheint sie mir noch den Kern des Problems zu treffen. An *Abderhaldens* biologischem Gedankengang war ohne Zweifel die hohe Einschätzung der Antikörpereigenschaften der Fermente verfehlt. Wir haben gar keine Gründe zu der Annahme, daß der Organismus leicht und regelmäßig Fermente als Antikörper produziert und ins Blut sendet. Von *Abderhalden* wurde entdeckt, daß bei einer Reihe von Organveränderungen oder bei starkem Organstoffwechsel, wie er etwa bei der Funktion der Placenta anzunehmen ist, im Serum mehr oder weniger spezifische Fermente nachgewiesen werden können, welche Organsubstanzen abbauen. Die Anschauung, die ich mir über diese Phänomene gebildet hatte, rechnete nun nur mit feststehenden Tatsachen. Wenn eine Leber übermäßig funktioniert oder durch Erkrankung geschädigt wird, so treten Leberbestandteile ins Blut über, wie wir das z. B. von der Galle wissen. Es sind eben Gewebestrümmern, die beim Verlassen des Körpers das Blut passieren. Denn das Blut ist der große Abflußkanal, durch den alles hindurch muß. Gehen nun Orgazellen zugrunde oder werden sie wegen überanstrengter Funktion abgebaut, so treten auch Organfermente ins Blut über und können hier nachgewiesen werden. Der Nachweis gelingt auch, wenn nur Fermentspuren übertreten, weil eben Auxostoffe vorhanden sind, welche die Fermentwirkung verstärken. Die große Frage, die durch *Abderhaldens* Mitteilungen in Fluß kam, war immer, ob und inwieweit die Serumfermente spezifisch sind. Nach meiner Kenntnis der Organfermente konnte für mich der Ausgang dieser Debatte niemals zweifelhaft sein. Wie zu erwarten war, stellte sich eine teilweise, aber nicht unbegrenzte Spezifität heraus. Vor 20 Jahren habe ich die Frage der Spezifität der Organfermente zum ersten Male untersucht und damals die jetzt allgemein gültige Formulierung gefunden. Danach gibt es heterolytische neben streng autolytischen Fermenten, d. h. ganz spezifische und weniger spezifische Organfermente. Da nun die Serumfermente keine immunisatorischen Reak-

tionsprodukte sind, wie *Abderhalden* es zunächst angenommen hatte, sondern ins Blut übergetretene Organbestandteile, so sind sie eben auch so halb-spezifisch wie die Organfermente selbst.

Die Fermentforschung ist im wahren Sinne des Wortes ein Grenzgebiet. Nur wenn in harmonischem Wechselspiel chemische und physiologische Gedankengänge das Feld befruchten, kann hier die Erkenntnis vorwärts kommen. Die Hineinbeziehung der Serumbestandteile regte zu weiteren Fragestellungen an, die nach beiden Richtungen förderte. Nachdem wir uns überzeugt hatten, daß die Urease der Sojabohne in ihrer Wirkung durch Serum verstärkt wird, war es naheliegend, zu untersuchen, ob auch die Harnstoffspaltung durch Bakterien durch Serum verstärkt wird. Derartige Versuche fielen positiv aus, das Resultat ist für die Physiologie und Pathologie nach verschiedenen Seiten hin interessant. Hier soll aber nur eine spezielle Richtung besprochen werden, die für die Fermentforschung sich als besonders nützlich erwiesen hat. Die Analyse des Serums zeigte nämlich, daß unter den wirksamen Serumbestandteilen mit Sicherheit der Traubenzucker eine bedeutsame Rolle spielt. Gelingt es bei biologischen Forschungen eine chemisch so eindeutige Substanz wie den Traubenzucker in das engere Forschungsbereich zu bekommen, so wird man sich natürlich zähe an einen solchen Anker klammern. Eingehende Untersuchungen gaben ein klares Resultat: Bei der Einwirkung des Traubenzuckers auf die Harnstoffspaltung durch Bakterien haben wir nicht eine Einwirkung auf das fertige Ferment vor uns, sondern wir haben es mit einem Faktor zu tun, der die Fermentbildung fördert. So ergab sich denn die frohe Aussicht, auf einem einfachen Versuchsfelde das in der Tat zentrale *Problem der Fermentbildung* bearbeiten zu können. Alle Bedingungen waren günstig. Als Bakterien, die Harnstoff leicht spalten, standen uns die so bequem zugänglichen *Proteus*arten zur Verfügung, als Nährboden wählten wir uns einfache, synthetische Mischungen, deren chemische Zusammensetzung wir bis in alle Einzelheiten durchaus übersehen konnten. Andererseits ist ja die Zuckerchemie so ausgebaut, daß wir uns dem Ideal biologischer Forschung, chemische Konstitution mit biologischer Wirkung in Beziehung zu setzen, sehr nähern konnten. Leider ist es unmöglich, die Einzelergebnisse hier anzuführen, obwohl sie vielfach besonderes Interesse beanspruchen. Nur einzelnes kann herausgehoben werden. Am wirksamsten zeigten sich Stoffe mit 6- oder 3-Kohlenstoffketten. Kohlehydrate, die an den der Aldehydgruppe benachbarten Kohlenstoffatomen an derselben Seite abwechselnd ein H-Atom oder eine OH-Gruppe hatten, waren wirksam, während die Substanzen, welche an derselben Seite zwei H-Atome oder zwei OH-Gruppen neben der Aldehydgruppe benachbart aufwiesen,

unwirksam waren. Daß die Zellen ihre Chemie bis auf die größten Feinheiten beherrschen, ist ja nichts Neues, jede neue Erkenntnis in diesem Sinne ist aber immer wieder überraschend.

Um beim Forschen fruchtbare Fragestellungen zu bekommen, muß man dauernd Hypothesen machen, die den Weg bahnen. Verfügt man aber über Tatsachen, ist es müßig, sich früher mit ihrer Deutung abzugeben, als neue Fragestellungen es notwendig machen. Wenn also die Kohlehydrate die Fermentbildung mächtig fördern, so braucht man doch zurzeit noch nicht zu entscheiden, ob sie direkte Bausteine der Fermente darstellen oder ob sie nur indirekt irgendwie die Fermentbildung beeinflussen.

Nachdem die Bedeutung der Kohlehydrate studiert war, lag es nahe, die Rolle der Aminosäuren bei der Fermentbildung zu erforschen. Freilich spiegelt diese etwas lehrbuchartige Wendung nicht die Umstände wieder, wie sie sich bei der experimentellen Arbeit selbst ergaben. Nur auf merkwürdig verschlungenen Umwegen, denen wir hier nicht nachgehen können, vermochte man vorzudringen. Um so einfacher ist das Resultat: Das bei der Eiweißspaltung gewonnene Leucin, welches auch durch Isoleucin ersetzt werden kann, ist die Aminosäure, die unbedingt notwendig ist, damit der *Proteus*bazillus die Urease bilden kann. Das synthetische Leucin kann das Eiweißleucin nicht ersetzen, ebensowenig die übrigen bekannten Aminosäuren. Bei der grundsätzlichen Wichtigkeit des Resultats sei auch hier hervorgehoben, daß mir die Leucinpräparate in der reinsten Form zur Verfügung standen. Ich verdanke sie dem hervorragenden Leucinforscher, dem Entdecker des Isoleucins *F. Ehrlich*.

Daß eine bestimmte Aminosäure für einen biologischen Fundamentalvorgang Voraussetzung ist, regt zu wichtigen Überlegungen an. Wir erkennen, daß der komplizierte Aufbau des Eiweiß aus qualitativ verschiedenen Aminosäuren eine notwendige Voraussetzung für den geregelten Ablauf der Lebensvorgänge ist, während für einfachere Funktionen des Eiweiß auch Ketten qualitativ gleichartiger Aminosäuren genügen würden.

Nachdem wir ermittelt hatten, daß die *Proteus*bakterien Urease nur bilden, wenn sie Leucin als Nahrung erhalten, war es möglich, *Proteus*bakterien mit oder ohne Urease nach Belieben zu züchten. Gerade in der heutigen Zeit, in der die Erforschung von *Proteus* anschließend an die Fleckfieberreaktion von *Weil* und *Felix* so interessant geworden ist, ist es sehr angenehm, über Methoden zu verfügen, mit denen man willkürlich den Fermentgehalt der Bakterien variieren kann. Meine Anregung, auch die Toxinbildung der Bakterien mit derselben Methodik zu untersuchen, ist auf fruchtbaren Boden gefallen. *v. Eisler* in Wien fand, daß auch für die Toxinbildung das Eiweißleucin notwendig ist.

Die Bedingungen für die Bildung der einzel-

nen Fermente sind verschieden. Ein und dieselbe Bakterienart bedarf verschiedener Bausteine, um die Urease oder die Katalase, das Ferment, welches Wasserstoffsuperoxyd zerlegt, zu bilden. Während für die Ureasebildung Leucin notwendig ist, wird die Katalase auch in vollkommener Abwesenheit des Leucins gebildet. Wenn man *Proteus* auf einem Nährboden wachsen läßt, der außer anorganischen Salzen nur asparaginsaures Natrium und milchsaures Natrium enthält, so wird eine kräftig wirkende Katalase gebildet. Die Milchsäure ist nicht einmal unbedingt unentbehrlich, wohl aber wirkt sie sehr fördernd auf die Katalasebildung. Man muß die Bedeutung solcher Substanzen, ohne die es nicht geht, und solcher, die nur die quantitative Ausbeute vergrößern, scharf auseinander halten.

Die Katalase ist ein Ferment, mit dem sich sehr einfach arbeiten läßt. Daher liegen hier die Voraussetzungen günstig, um vielleicht dem Problem der *Konstitution der Fermente* näherzutreten. Diese Zentralfrage ist ebenso schwierig wie wichtig. Man muß daher jede Möglichkeit benutzen, um sich ihr zu nähern. Heute läßt sich wohl kaum übersehen, wie man das Ziel erreichen wird. Um so mehr ist eine klare Begrenzung der Aufgabe notwendig. Es kann nicht darauf ankommen, irgendeine Substanz zu isolieren und ihre Zusammensetzung, die als Ferment hochwirksam ist, aufzuklären. Ein wirklicher Fortschritt wird erst erzielt sein, wenn man angeben kann, auf welcher Atomgruppierung die fermentative Wirkung beruht. Das ist ein weites Ziel. Vorläufig kann man nur aus den Bakterienkulturen, die auf den einfachen Nährböden gewachsen sind, einheitliche, hochwirksame Katalasenpräparate mit übereinstimmendem Stickstoffgehalt isolieren. Das ist allerdings nur ein Anfang, aber der weitere Fortschritt hängt jetzt nur noch von den äußeren Arbeitsbedingungen ab.

Seit Jahren habe ich versucht, mich auch noch auf einem anderen Wege demselben Endziele zu nähern. Wenn man eine chemische Gruppierung in ihrem Wesen erkennen will, so kann man das erreichen, indem man ihre Reaktionsfähigkeit prüft. Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich mich lange bemüht, Verbindungen von Fermenten herzustellen, welche als solche inaktiv sind, aus denen man aber durch wenig eingreifendes Vorgehen das aktive Ferment wiedergewinnen kann. Meine ersten derartigen Versuche habe ich schon 1909 mit meinem Schüler *Hata* zusammen ausgeführt. In den letzten fünf Jahren habe ich sie weiter ausgebaut. In allerjüngster Zeit hat auch *Euler* in derselben Richtung gearbeitet und Ergebnisse erzielt, die sich gut an unsere Resultate anschließen. Unsere ersten Versuche machten wir mit Quecksilber-Sublimat-Verbindungen von Fermenten. Es zeigte sich, daß die verschiedensten Fermente reversible Verbindungen mit

Sublimat eingehen. Es handelt sich um komplexe Verbindungen im Sinne *Werners*. Behandelt man die Komplexverbindungen mit Natriumsulfid, Cyankalium oder anderen Substanzen, deren Affinität zum Sublimat eine größere ist als die der Fermente, so werden die Fermente in Freiheit gesetzt und wieder vollwirksam. Daß wirklich Komplexverbindungen der Fermente vorlagen, wurde auf verschiedene Weise sichergestellt und auch durch physikalisch-chemische Untersuchungen von *Euler* bestätigt. 1916 beschrieb ich dann Nickelverbindungen von Fermenten, welche neue Klärungen brachten. Diese Nickel-Ferment-Verbindungen kann man gewinnen, indem man die Fermentlösungen mit scheinbar ganz unlöslichen Nickelpräparaten reagieren läßt. Neuerdings habe ich festgestellt, daß die Fermente Spuren Nickel in Lösung bringen. Auch diese Nickelverbindungen sind reversibel, die Fermente können z. B. durch Cyankalium oder Glykokoll wieder aktiviert werden. Bringt man etwa Nickellurease mit Glykokoll zusammen, so wird die Urease frei und es bildet sich die komplexe Nickelglykokollverbindung.

In noch nicht veröffentlichten, gemeinsam mit *Shimizu* angestellten Versuchen haben wir dann noch systematisch eine größere Anzahl von Metallverbindungen von Fermenten untersucht und dabei sehr interessante Unterschiede gefunden. Eisen reagiert nicht mit der Urease, wohl aber außer Nickel auch Kobalt und Zink. Es besteht also keine Parallele zum Verhalten im natürlichen System der Elemente, sondern es hängt die Fermentverbindungsfähigkeit der Metalle mit ihrer Fähigkeit zur Komplexbildung zusammen. Das läßt sich bis in spezielle Feinheiten verfolgen, auf die wir hier nicht eingehen können. Ich habe vorgeschlagen, diese reversiblen Fermentverbindungen als „künstliche Zymogene“ zu bezeichnen, weil wir hier gleichsam ein Modell der Zymogene, der inaktiven Vorstufen der Fermente vor uns haben. Seit der Aufstellung des Begriffes hat sich durch weitere Untersuchungen die Berechtigung der Analogie noch mehr bewährt. Vielleicht sind auch die in der Natur vorkommenden Zymogene reversible Komplexverbindungen der Fermente. Wie ich schon erwähnte, hat sich *Euler* im Anschluß an meine Versuche mit den Metallverbindungen beschäftigt. Aus seinen Beobachtungen geht hervor, daß die Reversibilität der künstlichen Zymogene noch weiter geht als man zunächst vermuten konnte. Bis zu einem gewissen Punkte bilden sich nämlich die Verbindungen auch zurück, ohne daß den Metallen ein Partner mit größerer Affinität als das Ferment geboten wird. Es bildet sich ein Gleichgewicht zwischen der Komplexverbindung Ferment—Metall und den einzelnen Komponenten. In eigenen Versuchen konnte ich zeigen, daß das Gleichgewicht sich auch nach der Seite der größeren Verfestigung hin in den Lösungen verschieben kann.

Allmählich bildet sich in der Lösung mehr inaktive Verbindung, und mit der Zeit nimmt auch die Spaltbarkeit der Verbindung ab. Wir haben hier ein Gebiet chemischer Beobachtungen betreten, das von größtem biologischen Interesse ist, weil derartige Reaktionen offenbar direkt physiologisch in Frage kommen. Hier handelt es sich nicht mehr um chemische Erforschung physiologisch interessanter Substanzen, sondern um physiologisch-chemische Reaktionen im eigentlichen Sinne des Wortes.

Überblicken wir die Dinge im Zusammenhang, so kommen wir zu der Gewißheit, daß nicht nur die chemische Natur der Fermente, sondern auch das Wesen der Fermentwirkung durch die neuen Kenntnisse erhellt wird. Hält man auf dem ganzen Gebiete der Fermentforschung Umschau, so sieht man, daß gerade solche Stoffe durch Fermente beeinflusst werden, welche die Fähigkeit der Komplexbildung haben. Man darf annehmen, daß bei der Fermentwirkung zunächst eine Komplexverbindung zwischen Ferment und Substrat zustande kommt. Neu ist daran nur die präzise Vorstellung der Komplexverbindung, während die intermediäre Bindung eine geläufige Vorstellung ist. Innerhalb von Komplexverbindungen kommt es leicht zu Umlagerung von Atomen. Näheres hierüber wird an anderer Stelle besprochen werden. Besondere Schwierigkeiten macht natürlich die wesentliche Frage der Spezifität der Fermente. Auch hierauf fallen neue interessante Streiflichter. Vieles bleibt dunkel. Aber wir sind doch ein Stück vorwärts gekommen und wir haben, was am wichtigsten ist, uns neue Wege in unbekanntes Land gebahnt.

Literatur.

Die experimentellen Grundlagen dieses Aufsatzes sind in der Biochemischen Zeitschrift veröffentlicht.

Die Entstehung der Mondkrater¹⁾.

Von Alfred Wegener, Hamburg.

Über die Entstehung der Mondkrater werden in der Fachliteratur hauptsächlich vier verschiedene Hypothesen, die Blasenhypothese, die Gezeitenhypothese, die Vulkanhypothese und die Aufsturzhypothese nebeneinander vertreten, abgesehen von allerlei Kombinationen namentlich der Vulkanhypothese mit den anderen.

Am leichtesten läßt sich die Blasenhypothese widerlegen, nach welcher die Mondkrater die Spuren geplatzter Blasen sein sollen. Denn Blasenbildung beruht auf der Oberflächenspannung, die als Molekularkraft nicht mit den Dimensionen der Objekte wächst. Es kann also

auf dem Monde keine größeren Blasen geben oder gegeben haben, als wir sie im Laboratorium herstellen können. Wenn wir die Kreisform der riesigen Mondkrater auf die Oberflächenspannung zurückführen, so begehen wir den gleichen Trugschluß, wie wenn wir das Schwimmen eines Ozeandampfers mit dem der kleinen Wasservanzen und Wasserläufer oder auch dem Schwimmen einer Nadel vergleichen.

Aber auch die Gezeitenhypothese, nach welcher das flüssige Mondinnere durch von der Erde erzeugte Gezeiten in Löchern der starren Kruste periodisch aufgestiegen und wieder zurückgesunken sein und dabei kreisförmige Krater erzeugt haben soll, kann nicht richtig sein. Denn auch auf dem Monde muß die auf der Erde überall feststellbare Isostasie (Druckgleichgewicht) zwischen der festen Kruste und ihrer magmatischen Unterlage geherrscht haben, und die Kruste mußte daher alle etwaigen Flutbewegungen des Magmas genau so mitmachen wie die Eisdecke des Polarmeeres diejenigen des Wassers.

Einer eingehenderen Kritik bedarf die Vulkanhypothese, weil sie offenbar die nächstliegende ist. Dabei zeigen sich aber so tiefgreifende Unterschiede nicht nur in den Formen, sondern auch in der Größe und Häufigkeit der irdischen Vulkane gegenüber den Mondkratern, daß eine Entstehung der letzteren durch vulkanische Kräfte unmöglich erscheint. Statt des für Erdvulkane typischen Kegelberges mit kleiner, hochgelegener Krateröffnung sehen wir auf dem Monde flache, tellerartige Gebilde von teilweise außerordentlicher Größe bis hinauf zu dem über 1000 km Durchmesser haltenden Mare Imbrium, während andererseits die Zentralberge, die auf den ersten Blick an den vom Monte Somma umgebenen Jungkegel des Vesuvs erinnern, im Durchschnitt noch nicht das Niveau der ungestörten Umgebung erreichen und überhaupt keinen eigenen Krater zeigen. Schon der bloße Vergleich des über und über mit Kratern und Ringgebirgen bedeckten Mondes mit einem Erdglobus nötigt zu dem Schluß: Die Formen sind grundverschieden, also wird auch ihre Entstehung verschieden sein.

Ganz anders verhält es sich mit der Aufsturzhypothese, nach welcher die Mondkrater die Einschlagspuren zahlreicher auf den Mond gestürzter kosmischer Körper darstellen. Die bisherigen Vertreter dieser Annahme vermochten ihr keine allgemeine Geltung zu verschaffen, weil ihre Vorstellungen über den Vorgang des Aufsturzes nichts Überzeugendes hatten und vielfach mit offenbaren Irrtümern durchsetzt waren, so daß sie sich untereinander in wesentlichen Punkten widersprachen. Es fehlte eben bisher an Erfahrungen über die Mechanik des Aufsturzprozesses.

Hier setzen die eigenen Versuche des Verfassers ein, die derselbe im Winter 1918/19 im

¹⁾ A. Wegener, Die Entstehung der Mondkrater. Sammlung Vieweg Heft 55, Braunschweig 1921, 48 Seiten.

Physikalischen Institut zu Marburg ausführte¹⁾. Es wurden Aufsturzspuren von bisher unerreichter zahlenmäßiger Annäherung an die durch H. Ebert näher untersuchten Verhältnisse der Mondkrater gewonnen (vgl. Fig. 1). 18 Aufsturzkrater wurden ausgeessen. Im Mittel war die Kratertiefe 2,7mal so groß wie die äußere Wallhöhe, gegen 2—3mal auf dem Monde. Andererseits war die Kratertiefe 3,3mal so groß wie die Höhe des Zentralberges, gegen 2,9mal auf dem Monde. (Die Einzelwerte variieren im Versuch zwischen 1,8 und 6,4, auf dem Monde zwischen 1,5 und 9,4.) Hier wie dort erreicht der Zentralberg niemals die Wallhöhe und überschreitet das Niveau der äußeren Umgebung im Versuch in 3 unter 18 Fällen, auf dem Monde in 6 unter 19 Fällen. Im Mittel bleibt also der Zentralberg im



Fig. 1. Aufsturzkrater mit Zentralberg in Zementpulver. Die Teilung gibt Zentimeter. Licht von rechts.

Versuch wie auf dem Monde erheblich unter diesem äußeren Niveau. Auch das Verhältnis zwischen Kraterdurchmesser und Kratertiefe, welches den flachen Bau der Mondkrater charakterisiert, zeigt im Versuch Werte, wie sie auch auf dem Monde häufig sind, wenngleich dort noch sehr viel flachere Formen in solchen Fällen zu beobachten sind, wo das Innere des Kraters mit geschmolzener Lava angefüllt wurde.

Die Versuche wurden mit Zementpulver ausgeführt, und als aufstürzende Masse wurde gleichfalls ein halber oder ganzer Eßlöffel voll Zementpulver verwendet. Die auf diese Weise erhaltenen Krater hatten 4 bis 12 cm Durchmesser und ließen sich durch vorsichtiges Bestäuben und späteres Durchtränken mit Wasser leicht verfestigen und sodann ausmessen. Es gelang dabei, die Natur und Entstehung des Zentralberges zu ermitteln, worüber bisher nur

ganz unrichtige Vorstellungen bestanden, die meist an den Rückstoß beim Auffallen eines Tropfens auf eine Wasseroberfläche anknüpften. Die Versuche zeigten, daß von einem solchen zeitlich nachfolgenden Rückstoß hier nicht die Rede sein kann. Der Zentralberg wird vielmehr durch die nach allen Seiten auseinanderstäubende aufstürzende Masse aus der Grundmasse herausmodelliert. Um ihn herum wird die Grundmasse radial nach außen fortgeräumt und zum Ringwall aufgetürmt, im zentralen Teil aber kommen keine solchen radialen Beschleunigungen zustande, sondern es wird nur ein Druck ausgeübt. Ist die lockere Grundmasse genügend mächtig, so wird dieser nicht beseitigte zentrale Teil der Grundmasse nach unten gedrängt, so daß kein Zentralberg zustande kommt. Dagegen tritt dieser stets auf, wenn die Mächtigkeit der Grundmasse nur höchstens $\frac{1}{10}$ des Kraterdurchmessers beträgt und darunter unnachgiebiges Material liegt. Damit ist die Bedingung für das Entstehen oder Ausbleiben des Zentralberges ermittelt. Die aufstürzende Masse breitet sich in Form einer

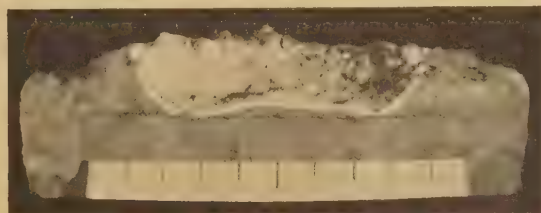


Fig. 2. Querschnitt eines Aufsturzkraters mit Zentralberg. Aufstürzende Masse Gipspulver, Grundmasse Zementpulver, durch dünnen Zinnoberhorizont getrennt von der aus gepreßtem Zementpulver bestehenden festen Unterlage.

dünnen Schicht gleichzeitig über das ganze Kraterinnere vom Kamme des Ringwalles bis über den Zentralberg aus. Diese ganzen Verhältnisse wurden dadurch geklärt, daß bei einer Anzahl von Versuchen als aufstürzende Masse Gipspulver benutzt wurde, dessen Verbleib durch die hellere Färbung leicht erkennbar war, und daß diese Krater nachträglich durchgeschnitten wurden (vgl. Fig. 2). Die Versuche erstreckten sich auch noch auf andere Fragen, namentlich die Entstehung der Strahlensysteme durch Staubstrahlen, die beim Aufprall ausgeschleudert werden, u. a., worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

Für die Deutung der Mondkarte liefern diese Versuche folgende Vorstellungen: Wenn ein größerer Körper aus festem Gestein mit einer Geschwindigkeit von mehreren Kilometern pro Sekunde auf die feste Gesteinsoberfläche des Mondes prallt, so genügen die freiwerdenden Kräfte, um den molekularen Zusammenhang sowohl des stürzenden Körpers wie des anstehenden Gesteins zu zertrümmern, so daß sich diese wie

¹⁾ Erste Veröffentlichung: A. Wegener, Versuche zur Aufsturztheorie der Mondkrater. Nova Acta. Abh. d. Leop.-Carol. Deutsch. Akad. d. Naturf. 106, Nr. 2, 107—117, Halle 1920.

das Pulver im Versuch verhalten. Hatte der Mond nur eine dünne feste Kruste auf flüssiger Unterlage, so konnte natürlich kein Zentralberg entstehen, und ebenso keine Staubstrahlen, sondern der Krater füllte sich dann mit flüssiger Lava, die als ebener Kraterboden später erstarrte. War dagegen die Unterlage bereits tief erstarrt, so mußte ein Zentralberg entstehen und Staubstrahlen ausgeschleudert werden.

Zum Schluß wird die Frage behandelt, welcher Art die aufgestürzten Körper waren und warum auf unserer Erde nur ein einziger Krater dieser Art — der Meteoritenkrater in Arizona von 1150 m Durchmesser — bekannt ist. Damit werden kosmogonische Fragen aufgeworfen, für deren Beantwortung uns die Mondoberfläche wenigstens gewisse Andeutungen gibt, die immerhin beachtenswert sind.

Die Anordnung der Mondmeere, die als besonders große Aufstürze zu deuten sind, ungefähr in einem Großkreis dehtet an, daß die Bahnen der aufgestürzten Massen alle nahezu in einer Ebene lagen, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Ebene mit der Ekliptik zusammenfiel. Demnach hätten wir es nicht mit Meteoriten zu tun, sondern mit zum Sonnensystem gehörigen Körpern, deren Bahnen um die Sonne der Erdbahn ähnlich waren. Dies Ergebnis scheint noch bestätigt zu werden durch das starke Vorwiegen der reinen Kreisform bei den Mondkratern, welche auf ein sehr steiles Herabfallen schließen läßt. Denn dies besagt, daß die Annäherung hauptsächlich nur durch die Anziehung des Mondes bewirkt wurde und die aufstürzenden Körper also ungefähr in der Mondbahn und mit gleicher Geschwindigkeit wie dieser um die Sonne kreisten.

Ein zweites Anzeichen liefern die Schmelzspuren. Den größten Umfang erreichen sie in den Meeren, wo auch die Aufstürze die größten Dimensionen aufweisen. Wir schließen daraus, daß die hohe Wärme erst durch die Aufstürze erzeugt wurde. Unverkennbar ist ferner ein Temperaturrückgang auf dem Monde in demjenigen Zeitalter, in welchem die heute sichtbaren Oberflächenformen entstanden. Denn wo ältere Krater sich noch mit Lava gefüllt haben oder gar Lavaüberschwemmungen große Teile der Mondrinde ganz überfluteten, haben die letzten Ankömmlinge nur noch starres Gestein vorgefunden, das nicht einmal durch ihren eigenen Aufprall mehr zur teilweisen Schmelzung gebracht werden konnte, wie die Staubstrahlen und hohe Albedo dieser Gebilde zeigen. Um also die frühere höhere Wärme zu erklären, müssen wir annehmen, daß die Bildung der heute sichtbaren Mondkrater nur das Abklingen eines viel größeren Prozesses darstellt und also in früherer Zeit die Aufstürze noch viel größer und häufiger waren. Ihre Spuren wurden aber teils eingeschmolzen, teils durch Überdeckung durch

spätere unkenntlich gemacht. Da nun schon die jetzt noch erkennbaren Aufstürze eine merkliche Vergrößerung der Mondmasse bewirkt haben müssen, werden wir ganz von selbst zu dem Schluß gedrängt, daß wir es hier mit der *Bildung des Mondes* zu tun haben. Dies Ergebnis ist von weittragender kosmogonischer Bedeutung; denn zum erstenmal bietet uns hier ein Weltkörper unmittelbare — wenn auch nur unsichere — Anzeichen für die Art seiner Entstehung dar, was bisher bei keinem anderen Weltkörper, auch nicht der Erde, der Fall ist. Diese Bildung des Mondes durch Zusammensturz kleinerer fester Körper, die nach Art der kleinen Planeten um die Sonne kreisten, wird einstmals langsam begonnen haben, dann infolge der zunehmenden Gravitationswirkung des wachsenden Mondes eine Kulminationszeit gehabt haben, in welcher die Wärmezeugung gegenüber der Ausstrahlung überwog, bis durch Verbrauch der verfügbaren Körper die Aufstürze wieder seltener wurden und die hohe Eigenwärme durch Ausstrahlung in den Weltenraum wieder verloren ging.

Wenn man, was naheliegt, auch die Erde als auf gleiche Weise und vielleicht gleichzeitig mit dem Monde entstanden annimmt, so darf man deshalb nicht fordern, daß auch ihre Oberfläche noch die Spuren der Aufstürze zeige. Denn der größeren Erdmasse entsprechend mußte die hier erzeugte Wärme viel größer sein und obendrein wurde sie durch die schützende Atmosphäre viel länger gegen die Zerstreuung in den Weltenraum bewahrt, so daß hier auch das Abklingen des Sammelprozesses noch in die glutflüssige Phase fallen mußte.

Besprechungen.

Haas, Arthur, Das Naturbild der neuen Physik. Berlin, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1920. 114 S. und 6 Figuren. Preis geh. M. 13.—

Dieses Buch ist ein Muster populärer Darstellung. Es ist klar, verständlich, einfach, anregend — und das alles, ohne einem „lieben Leser“ mit Beispiels-trivialitäten aus seiner Alltäglichkeit die Physik schmackhaft zu machen, oder in sentimentalem Schwung Abgründe des Weltgefühls hinter jedem Molekül hervorzuzaubern. Nein, hier ist Physik, das heißt sichere logische Konstruktion auf deutlich beobachteten Tatsachen, oder kunstvolle Anordnung von Beobachtungen auf Grund kühn verzweigter Gedankenketten. Man spürt etwas von der Strenge dieser Wissenschaft, von der Intensität, die sie unaufhörlich dem einzigen Ziel näher führt, der Kenntnis der Wirklichkeit; man wird gepackt von der großartigen Neugierde, die so viele hervorragende Gehirne immer wieder vor die brennende Frage treibt, wie denn die wirklichen Dinge eigentlich aussehen.

Die historische Übersicht über die Entwicklung der *elektromagnetischen Lichttheorie*, die das Buch einleitet, ist eine schöne Einführung in solchen Geist der Naturbetrachtung. Es wird die Bedeutung der Huy-

gens-Fresnelschen Wellenhypothese geschildert und in den knappen Satz zusammengefaßt: „die Annahme von der Wellennatur und der Transversalität des Lichtes war richtig, hingegen war die spezielle Vorstellung falsch, daß diese Wellen mechanisch-elastisch sein müßten.“ Von hier aus übersieht man die große Maxwellsche Entdeckung, die in der Verschmelzung von Optik und Elektrizität besteht. Maxwell entdeckte die theoretische Möglichkeit elektrischer Wellen und faßte die kühne Vermutung, daß in den Lichtschwingungen bereits solche Wellen vorliegen. Aber erst Hertz' überraschende Versuche brachten den direkten Beweis für die Existenz der Wellen. Hier ist jedoch die Entwicklung noch nicht abgeschlossen: die Kristallphotographien von Laue zeigten die Wellennatur der Röntgenstrahlen und erlaubten zugleich den Schluß auf deren Wellenlänge. In einer übersichtlichen Skizze zeichnet Haas das ganze bekannte Spektrum auf, von den Wellen der drahtlosen Telegraphie bis zu den γ -Strahlen; ein kleiner Ausschnitt in der Mitte ist das sichtbare Gebiet.

Man bemerkt, wie hier die historische Entwicklung zum Ausdruck einer gedanklichen Entwicklung wird; in diesem stets von neuem durchdringenden Motiv liegt ein großer Reiz des Haasschen Buches. Wir finden diesen Gedanken im 2. Abschnitt wieder, in der Schilderung der Molekularstatistik. An die Mayersche Entdeckung der Äquivalenz von Wärme und Arbeit wird die Entwicklung der kinetischen Gastheorie angeschlossen. Die Auffassung der Gase als statistischer Gesamtheiten bedeutet einen weiten Schritt in der prinzipiellen Arbeitsrichtung der Physik, in dem Bestreben, hinter der bunten Vielheit der Sinneseindrücke ein einheitliches, objektives Weltbild zu schaffen. Die Wärme wird als Bewegung von Molekülen gedeutet. Und wenn auch die Mechanik statistische Betrachtungsweise ein wesentliches Element, wie es die alten Atomisten glaubten, zur physikalischen Grundwissenschaft wird, so bleibt doch die ment der neuen Physik. An den Entdeckungen von Clausius, Boltzmann, Loschmidt, Einstein, Smoluchowski wird sodann die Durchschlagskraft der neuen Gedanken gezeigt und ihre direkte Veranschaulichung in den Schwingungserscheinungen geschildert.

Die Elektronentheorie bildet den Gegenstand des nächsten Kapitels. Es wird geschildert, wie die Atome des Chemikers als kleinste Teile nicht mehr zureichen, wenn es sich um die Erklärung der Strahlungsphänomene, der Radioaktivität handelt. Die Materie vermag Elektrizitätsatome auszusenden; und diesen kleinsten Teilen fällt die besondere Rolle zu, daß sie erst den Aufbau der Materie begreiflich machen. „Durch die eben entwickelte Auffassung hat aber nun ein ebenso alter wie fundamentaler Begriff der Naturphilosophie völlig den Sinn geändert, den er durch viele Jahrhunderte hatte. Der Begriff der Materie existiert für die moderne Physik nicht mehr in seiner ursprünglichen Bedeutung. Bis vor kurzem hatte noch die Physik der massigen Materie die Elektrizität gegenübergestellt, in der sie nichts weiter als einen Zustand der massigen Materie erblickte. Die neueren Forschungen haben gezeigt, daß die Massigkeit nur ein Schein, überhaupt nur eine Folge des elektrischen Zustandes ist. In dem modernen System der Physik steht die Elektrizität nicht mehr an der Seite der Materie; sie ist an deren Stelle gerückt. In der Elektrizität darf die neue Physik den von den Forschern durch Jahrtausende gesuchten einheitlichen Urstoff

erblicken, aus dem alle sinnlich wahrnehmbaren Dinge gebildet sind.“ (S. 55.)

Neben der großen Umwandlung des Substanzbegriffes, die unsere Zeit erleben durfte, steht ein erkenntnistheoretisches Ereignis von ähnlicher Tragweite: die Neugestaltung der Begriffe von Raum und Zeit durch die Relativitätstheorie. Sie schloß sich an die Entdeckung der Besonderheiten der Lichtbewegung an und führte zunächst zu einer Kritik der Gleichzeitigkeit. In der Sprache Minkowskis fand sie ihre klassische Formulierung, die Physik wurde zur vierdimensionalen Geometrie. Erst das neue mathematische Gewand ermöglichte es ihrem großen Schöpfer, den Weg zur allgemeinen Relativität zu finden. Diese Verallgemeinerung schloß die Lücke, die mit der speziellen Theorie noch geblieben war, und die niemand störender empfand als Einstein selbst. In wenigen Seiten versucht Haas ein Bild der Gravitationstheorie zu geben; er versucht sogar, die Tensorgeometrie ohne Benutzung von Formeln zu veranschaulichen. Hier ist vielleicht ein Punkt, mit dem der Kritiker nicht einverstanden sein kann. Der mathematische Gehalt der Theorie ist in populärer Sprache nicht zu fassen; hier wäre eine Verfolgung der philosophischen Probleme von Raum und Zeit wertvoller gewesen; denn diese sind es, die den Laien am dringendsten interessieren.

Die Quantentheorie behandelt das letzte Kapitel. Sie ist „aus dem Bestreben entstanden, dem atomistischen Prinzip, das sich als so fruchtbar in seiner Anwendung auf die Materie und die Elektrizität erwiesen hatte, eine noch weitere und allgemeinere Ausdehnung zu geben“. Plancks Strahlungsgesetz ist die große Rechtfertigung dieses Gedankens. Es folgte die Hypothese der Lichtquanten und das Atommodell Bohrs, das eine geniale Verbindung von Quantenhypothese und Atomphysik bedeutet. Mit den scharfsinnigen Ergänzungen von Sommerfeld führte diese Theorie zu einer Deutung der Spektrallinien bis in ihre feinsten Einzelheiten.

„So enthüllt uns die neue Physik ein Naturbild von großer Einfachheit. In der Tat ist nicht die Natur kompliziert. Kompliziert war nur der Weg, der zu ihrer wahren Erkenntnis führte. Er war es, weil er seinen Ausgang nahm von den eng begrenzten Sinnen des Menschen und weil nur allmählich der theoretischen Physik die Lösung von menschlichen Gesichtspunkten gelang.“ (S. 91.)

Hans Reichenbach, Stuttgart.

Kende, Oskar, Geographisches Wörterbuch. I. Allgemeine Erdkunde. Teubners kleine Fachwörterbücher Nr. 8. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921.

IV, 235 S. und 81 Abbild. im Text. Preis M. 9,—.

Ein sehr nützliches Büchlein, das in mehr als 3500 Stichwörtern kurz und präzise Aufklärung über die wichtigsten Fachausdrücke und Gegenstände der allgemeinen Erdkunde, insbesondere der astronomischen und mathematischen Geographie, Geophysik, Klimatologie, Meereskunde und Geomorphologie (unter Mitberücksichtigung der Geologie und der Paläogeographie) bietet. Pflanzen- und Tiergeographie sowie die Anthropogeographie in ihren verschiedenen Zweigen sind, entsprechend dem gesteckten Ziel, weniger ausführlich behandelt, doch findet man auch hier das Wichtigste kurz und treffend angeführt, z. B. wichtige Pflanzenformationen, tiergeographische Regionen, Menschenrassen und Völkerstämme, Siedlungsformen usw. Besonders willkommen dürften vielen Benutzern

auch die biographischen Mitteilungen über hervorragende Geographen und Forschungsreisende vom Altertum bis zur Gegenwart sein, ferner eine ausführlichere Übersicht über die geologischen Zeitalter mit Angabe der Gesteine, der Lebewelt und des Klimas in den einzelnen Perioden der Erdgeschichte, schematische Darstellungen der wichtigsten astronomisch-geographischen, klimatischen und geomorphologischen Vorgänge, Kartenskizzen zur Erläuterung der gebräuchlichsten Projektionsarten usw.

Bei den zahlreichen Fachausdrücken sind etymologische Ableitung, Aussprache und Betonung, sowie bei mehrdeutigen Ausdrücken auch die verschiedenen Auffassungen seitens der einzelnen Fachmänner, die durch Angaben der betreffenden Stellen aus der Literatur belegt werden, hinzugefügt.

Einen besonderen Vorzug, durch den sich das Werk vor anderen seiner Art auszeichnet, bilden die zahlreichen Literaturnotizen, die nicht nur auf viele, am Schlusse angeführte Quellenwerke und Lehrbücher verweisen, sondern auch gleich die Seitenzahl der betreffenden Bände angeben, was die Benutzung des trefflichen Nachschlagewerkes natürlich ungemein erleichtert.

In einer späteren Neuauflage dürfte es zweckmäßig sein, bei der Bezugnahme auf Abbildungen nicht deren Nummer, sondern die schneller auffindbare Ziffer der Buchseite anzugeben.

O. Baschin, Berlin.

Defant, Albert, Untersuchungen über die Gezeitenerscheinungen in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen (I.—III. Teil). Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-Naturw. Klasse, 96. Band, Wien, Alfred Hölder, 1919. 118 S. und 32 Textfiguren. Preis M. 15,—.

Zur Erklärung der in den Randmeeren, Meerbusen, Buchten und Kanälen auftretenden Gezeiten, die häufig vollkommen von denen des offenen Ozeans abweichen, hat man bislang fast nur vom offenen Ozean in die Nebenmeere fortschreitende Wellen herangezogen. R. v. Sterneck und A. Defant haben nun in mehreren Arbeiten neue Methoden zur Untersuchung der Gezeitenerscheinungen in Nebenmeeren entwickelt, bei denen im Gegensatz zu den bisher angewandten Methoden allein stehende Wellen in den in verschieden starkem Maße vom Ozean abgeschlossenen Meeren betrachtet werden, dagegen die Beeinflussung durch fortschreitende Wellen aus dem Ozean außer Betracht bleibt.

In vorliegender Arbeit werden nun im ersten, umfangreichsten Teile die Untersuchungsmethoden, die z. T. schon früher von den beiden genannten Verfassern für die Gezeiten des Mittelmeeres und der Adria Anwendung gefunden haben, zusammenfassend übersichtlich dargestellt. Es handelt sich dabei zunächst um die Berechnung der von den meist stark wechselnden Breiten- und Tiefenverhältnissen der abgeschlossenen Meeresbecken und der Randmeere abhängigen Schwingungsdauer der freien Schwingungen der Wassermassen nach den drei bislang bekannten Methoden, nämlich der Chrystalischen, der japanischen und der Restmethode. Die unter der Einwirkung der fluterzeugenden Kräfte des Mondes und der Sonne bei abgeschlossenen Wassermassen auftretende Schwingungsform hängt, wie durch umfangreiche Entwicklungen gezeigt wird, in ihrer Amplitude stark von dem Verhältnis der Eigenperiode der Wassermasse zur Periode der gezeitenerzeugenden Kraft ab, während aber die Periode mit der der er-

zeugenden Kraft übereinstimmt. Die Ergebnisse werden für abgeschlossene Becken west-östlicher, nord-südlicher und beliebiger Erstreckung abgeleitet. Weiterhin wird bei Randmeeren, die also nur zum Teil vom Ozean abgeschlossen sind, und bei beiderseits offenen Kanälen das Mitschwingen mit der Gezeitenbewegung des äußeren Meeres und ebenfalls die Ausbildung selbständiger Gezeiten betrachtet sowie endlich der Einfluß der Erdrotation auf alle abgeleiteten Schwingungen eingehend diskutiert.

Im zweiten und dritten Teile werden die gewonnenen theoretischen Ergebnisse auf die Gezeitenerscheinungen des Roten Meeres sowie des Persischen Golfes und der Meerenge von Hormus angewandt. Beide Meere zeigen bemerkenswerte Gegensätze. Im Roten Meere mit der mittleren Tiefe von etwa 500 m haben wir kaum 1 m erreichende Hubhöhen, im Persischen Golf, der nur 25 m mittlere Tiefe aufweist, dagegen stellenweise fast 3 m Hubhöhe. Zur Anwendung der Theorie auf das Rote Meer lockten insbesondere noch die verhältnismäßig einfachen orographischen Verhältnisse, indem das Rote Meer kurz als eine annähernd nord-südlich verlaufende langgestreckte, rinnenartige Mulde zu betrachten ist. Die Beobachtungstatsachen, nämlich die Verteilung der Hochwasserzeiten und der Amplituden im Roten Meere deuten auf das Bestehen einer stehenden Schwingung, indem der Unterschied der Hafenzeiten des Nordens und des Südens etwa 6 Stunden beträgt, außerdem haben die Hubhöhen dort Maxima und ein Minimum im mittleren Teil. Die Wassermassen in Nähe der Straße von Perim dagegen scheinen noch mit denen des Golfes von Aden zu schwingen. Auch im Golf von Suez deuten die Beobachtungen auf das Bestehen einer stehenden Schwingung, während im Golf von Akabah ganz entgegengesetzte Verhältnisse herrschen, da im ganzen Golf Hochwasser fast zur selben Zeit wie am Nordende des Roten Meeres eintritt, die Hubhöhen sind dagegen etwas größer.

Die theoretische Ableitung der Gezeiten erfolgt nach den im ersten Teile gegebenen Gesichtspunkten. Es wird zunächst die Eigenperiode der einknotigen Schwingungen in den einzelnen Meeresteilen berechnet. Für den Golf von Suez finden sich 6,7, den Golf von Akabah 0,97 und das Rote Meer 12,9 Stunden. Die errechneten Knoten liegen dort, wo sie durch die Beobachtungen festgestellt sind. Die Berechnung der selbständigen Gezeiten ergibt, daß die Gezeiten der beiden nördlichen Fortsätze des Roten Meeres auf periodische aus dem Roten Meere stammende Impulse zurückzuführen sind und die selbständigen Gezeiten nur ganz untergeordnete Bedeutung haben. Die außerordentlich verschiedene Wirkung dieser Impulse auf die beiden langgestreckten nördlichen Becken ist befriedigend auf den Einfluß der ganz voneinander abweichenden orographischen Gestaltung zurückzuführen. Die Halbtagszeiten des Roten Meeres selbst sind etwa in gleichem Maße durch eine selbständige Gezeitenschwingung und durch Mitschwingung mit den Gezeiten des Golfes von Aden zu erklären, die eintägigen Gezeiten dagegen rühren vom Mitschwingen der Wassermassen mit der kräftigen, eintägigen Gezeitenbewegung im Golfe von Aden her. Die Beobachtungstatsachen werden durch die angedeutete hydrodynamische Theorie in hinreichender Weise erklärt.

Das gleiche Ergebnis hat die Anwendung der Theorie auf die Gezeiten des Persischen Golfes und der Meerenge von Hormus. Sie sind als Überlagerung der

Mitschwingung mit dem Indischen Ozean und der Mitschwingung mit den selbständigen Gezeiten des Golfes von Oman aufzufassen. Durch den Einfluß der Erdrotation bilden sich zwei Amphidromien heraus. Die theoretisch erschlossenen Flutstundenlinien stimmen mit dem auf Grund der Beobachtungstatsachen erschlossenen Bilde ganz vortrefflich überein. Beide Karten sind fast identisch. Dies ist ein schöner Erfolg der Theorie, besonders wenn man bedenkt, daß hier die orographischen Verhältnisse und die Gezeitenerscheinung selbst viel komplizierter sind als im Roten Meere.

Bruno Schulz, Hamburg.

Kayser, E., Abriß der allgemeinen und stratigraphischen Geologie. Zweite, vermehrte Auflage. Stuttgart, F. Enke, 1920. VIII, 460 S., 212 Textfiguren, 54 Versteinerungstafeln und 1 geolog. Übersichtskarte von Mitteleuropa. Preis geh. M. 42,—; geb. M. 50,—.

Der Abriß, der in gedrängtester Form die Hauptlehren der allgemeinen und der stratigraphischen Geologie enthält, stellt im wesentlichen einen Auszug aus dem großen zweibändigen ausführlichsten deutschen Geologielehrbuch desselben Verfassers dar. In der neuen, um fast 3 Bogen und um 36 Textfiguren vermehrten Auflage des Abrisses hat besonders die Darstellung der allgemeinen Geologie eine weitere Ausgestaltung erfahren. Neben den vulkanischen Erscheinungen sind nunmehr auch die Lagerung der Gesteine, die Tektonik und die Tätigkeit des strömenden Wassers etwas ausführlicher behandelt. Ganz neu eingefügt wurden die Abschnitte über Meteoriten, über die Klimate der geologischen Vorzeit, über geologische Zeitrechnung und über die magnetischen Erscheinungen der Erde.

Die dem Buche beigegebene geologische Übersichtskarte 1 : 3 500 000 von Mitteleuropa ist dem Andreeschen Handatlas entnommen. Sie ist nach der von den internationalen Geologenkongressen herausgegebenen Karte von Europa hergestellt und wird, auch wenn sie nicht mehr überall dem neuesten Kenntnisstande entspricht, sicherlich vielen willkommen sein.

Die Ausstattung des Buches, vornehmlich die 54 Versteinerungstafeln, sind ganz vorzüglich geraten. Jeder Nichtgeologe wird das Lehrbuch mit Nutzen gebrauchen, wo er sich in Kürze über allgemeine geologische und erdgeschichtliche Fragen unterrichten will. Der Fachgeologe wird jedoch das große zweibändige Werk des gleichen Autors und desselben Verlages nicht entbehren können. J. Wilser, Freiburg i. Br.

Astronomische Mitteilungen.

Über die Dichten der Doppelsterne. Von E. Bernewitz. (Astron. Nachr. Band 213, Seite 1.) Die Dichten der Fixsterne können wir als Quotient aus Masse und Volumen nur bei Doppelsternen aus der Bahnbewegung erfahren. Bei einfachen Sternen fehlt uns vorerst jeglicher Anhalt. Das 3. Keplersche Gesetz lautet $\frac{a^3}{U^2} = C (M_1 + M_2)$, wo a die Bahnhalbachse, U die Umlaufszeit, M_1 und M_2 die Massen der beiden Komponenten und C die Gravitationskonstante sind. Ein Fall, in dem die Dichte verhältnismäßig leicht zu bestimmen ist, sind die Verdunkelungsveränderlichen (Algol- und β -Lyrae-Sterne). Aus der Lichtkurve ergibt sich das Verhältnis der Sternradien zur Halbachse (γ_1 und γ_2). Kennen wir das Massenverhältnis der

beiden Komponenten nicht, so können wir unter der Annahme gleicher Dichte für beide Komponenten die mittlere Dichte berechnen, indem wir $M = \frac{4}{3} \pi (a \gamma)^3 \rho$ setzen. Dann fällt in obiger Gleichung a^3 heraus. Ist das Massenverhältnis (aus der spektroskopischen Bahn bei zwei meßbaren Komponenten) bekannt, so können wir die Dichten beider Körper angeben.

Eine ähnliche Überlegung läßt sich auf die Doppelsterne anwenden, die keine Verdunkelungsveränderlichen sind, und zwar auf Grund der Hypothese, daß die Sterne das Plancksche Strahlungsgesetz des schwarzen Körpers befolgen, eine Voraussetzung, die nach unseren Erfahrungen im allgemeinen erfüllt zu sein scheint. Aus der Energieverteilung im Sternspektrum schließen wir auf Temperatur und Oberflächenhelligkeit, aus der scheinbaren (photometrischen) Helligkeit und Oberflächenhelligkeit auf die scheinbare Oberfläche oder den Durchmesser in Bogensekunden. Da wir bei den visuellen Doppelsternen die Bahnhalbachse a auch in Bogensekunden angeben, so läßt sich hier wieder ohne Kenntnis der Parallaxen der Quotient Sternradius : Halbachse bilden und die mathematische Behandlung ist die gleiche wie vorher.

Die erste Untersuchung dieser Art wurde 1916 von Opik gemacht (Astrophysical Journal Band 44), Bernewitz hat sie auf Grund vermehrten Materials wiederholt. Da die effektiven Sterntemperaturen dem Spektraltypus parallel laufen, genügt es, den genauen Spektraltypus eines Sternes zu kennen, um die Oberflächenhelligkeit zu bestimmen. Zwar kommen bei Sternen der gleichen Spektralklasse ziemlich erhebliche Farbunterschiede vor, besonders bei den gelben und roten Typen, doch sind sie nicht so bedeutend, daß dadurch die Untersuchung ernstlich gefährdet würde. Der wichtigste Teil bei dieser Untersuchung ist, die photometrische Helligkeit der Sterne in die bolometrische zu verwandeln. Bernewitz hat mit Hilfe der empirischen Empfindlichkeitskurve des Auges von Henning (Jahrbuch für Radioaktivität u. Elektronik 1919, Heft 1) durch mechanische Integration die Reduktionsgrößen berechnet, um die bolometrische Helligkeit zu erhalten. Die Korrektur ist klein und ergibt sich, für die Sonne gleich Null gesetzt, für Spektraltypus A zu $+0,0049$ für Mc zu $-0,0039$, in der astronomisch üblichen Größenklassenskala. Die Oberflächenhelligkeit (in Größenklassen und ebenfalls Sonne = 0) ist eine reine Funktion von Temperatur beziehungsweise Spektraltypus. Die Dichtenformel, die hier zweckmäßig logarithmisch geschrieben wird, ergibt sich dann zu:

$$\log \rho_1 = \log (a^3/U^2) + 0,6 (m_1 - i_1) - \log \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right) + 0,089,$$

wo m die bolometrische Sterngröße, i die spezifische Oberflächenhelligkeit ist. Wir können hier die Dichte jedes einzelnen Körpers berechnen. Wenn das Massenverhältnis unbekannt ist, kann man einen schätzungsweise Wert angeben, der empirisch aus dem Helligkeitsunterschied zu finden ist. Ist bei engen Doppelsternen das Spektrum nicht für beide Komponenten getrennt bekannt, so kann man bei geringem Helligkeitsunterschied eine mittlere Dichte angeben, bei großen Helligkeitsunterschieden nur die Dichte des helleren Körpers.

63 Doppelsternsysteme sind von Bernewitz auf diese Weise untersucht worden. Unter Ausschaltung einiger unten zu erwähnender Fälle ergibt sich hier zunehmende Dichte beim Fortschritt von den weißen zu den roten Sternen, wie folgende Tabelle der Mittelwerte zeigt:

Spektral- typ	Dichte (Sonne = 1)	Zahl der Sterne jeder Gruppe
A ₂	0.15	9
F ₅	0.39	28
G ₃	0.40	13
K ₂	0.30	11
Mb	2.81	2

Dieser Gang in der Dichtigkeit war auch theoretisch zu erwarten. Die visuellen Doppelsterne liegen entwicklungsgeschichtlich fast alle auf dem Zwergast mit hoher Dichte und geringer Leuchtkraft, dem die Sonne bekanntlich auch angehört und bei dem die Dichte mit zunehmender Rotfärbung zunimmt.

Nur ein Stern, ϵ Hydrae, erhält die Dichte 0.003, ein Wert, der bei den Verdunkelungsveränderlichen häufig ist, die fast ausnahmslos Giganten sind. Auffallender sind die unmöglich großen Dichten, die sich bei dem Siriusbegleiter (88 000 Sonnendichten) und α^2 Eridani (5600 Sonnendichten) ergeben. Beim Siriusbegleiter ist aber der Spektraltypus zweifelhaft. Adams fand ihn zu A (gleich dem des Hauptsterns), doch erscheint es möglich, daß hier nur der von Sirius erleuchtete Himmelsgrund aufgenommen wurde (da Sirius 10 000-mal so hell ist als der Begleiter, kann dies leicht möglich sein). Mit einem M-Spektrum ergäben sich mögliche Dichtenwerte. Anders liegt der Fall bei α^2 Eridani B, hier ist das Spektrum ebenfalls A und an eine Erleuchtung des Himmelsgrundes ist nicht zu denken, weil der nächste über 80" entfernt stehende hellere Stern ein spätes Spektrum K hat. Es scheint nur möglich, daß entweder das Plancksche Strahlungsgesetz gar nicht mehr erfüllt ist oder daß nur Teile der Oberfläche leuchten, was mathematisch auf das Gleiche hinausläuft. Noch schlimmer gestaltet sich das Verhältnis für den schwachen Begleiter α^2 Eridani C. Wenn man von diesen Ausnahmen, auf die *Bernewitz* überall hingewiesen hat, absieht, kann man wohl sagen, daß auf diesem Wege viel Brauchbares über die Dichten der Sterne aufzufinden ist.

The Parallaxes of 1646 Stars derived by the spectroscopic method by W. S. Adams, A. H. Joy, G. Strömberg and C. G. Burwell. Contributions from the Mt. Wilson Observatory 199 (auch im *Astroph. Journal* Bd. 53, 1921). In Heft 15 der „Naturwissenschaften“ (1921) brachte A. Kopff eine Zusammenfassung der bisher gebräuchlichen Methoden zur Parallaxenbestimmung. Es wurde auch die von *Kohlschütter* und *Adams* ausgebaute spektroskopische Methode erwähnt. Bekanntlich zeigen vor allem die gelben und roten Sterne in absoluter Leuchtkraft außerordentliche Differenzen (von 10—15 Größenklassen, was einem Intensitätsverhältnis von $1/10\,000$ bzw. $1/1\,000\,000$ entspricht). Da die Oberflächen im allgemeinen das Plancksche Strahlungsgesetz befolgen, muß man den hellen Sternen (Giganten) große Oberflächen, den schwachen Sternen (Zwergen) kleine Oberflächen zusprechen. Da die Masse auf jeden Fall nicht in dem Maße variabel ist, wie das Volumen, überhaupt sich in engen Grenzen zu halten scheint, besitzen nach unserer Auffassung die Giganten geringe, die Zwerge große Dichten. Die Sonne ist ein Zwerg. Die Frage lag nahe, ob zwischen einem absolut hellen und einem absolut schwachen Sterne gleichen Spektraltyps bei solchen grundverschiedenen Dichten und Oberflächen-gravitationen sich nicht gewisse charakteristische

Unterschiede zeigten. *Kohlschütter* und *Adams* konnten dies feststellen. Sie legten zuerst eine Skala aus gewissen Linien fest, die mit fortschreitendem Spektraltyp kontinuierliche Intensitätsänderungen zeigten. Diese wurden zur Festlegung der Spektralklassen benutzt. Daneben waren andere Linien, deren Intensität stark variierte, und ihre Variation ging mit der absoluten Helligkeit Hand in Hand. Als Kriterium für letztere galt zunächst die Größe der jährlichen Eigenbewegung und die scheinbare Helligkeit. Aus den Vorversuchen ergab sich, daß man sehr wohl eine fortlaufende Reihe zunehmender absoluter Leuchtkraft feststellen konnte. Doch kann man hier nur zu Werten für absolute Leuchtkraft und Parallaxe kommen, wenn man wenigstens für einige Sterne anderweitig Parallaxenwerte hat. Die spektroskopische Methode ist demnach nicht selbständig, sondern fußt durchaus auf den trigonometrischen Parallaxen. Das von *Kopff* besprochene trigonometrische Parallaxenmaterial hat erst die spektroskopische Methode in größerem Maßstabe instand gesetzt, zuverlässige Werte zu liefern. Darum waren in der ersten Arbeit (500 Parallaxen, 1917) bei den Sternen, mit großer Helligkeit und sehr kleiner Parallaxe noch starke systematische Fehler vorhanden, indem die Parallaxen allgemein zu groß geraten waren. Dieser Übelstand wurde in der neuen Arbeit vermieden. Für die roten Giganten wurden die Parallaxen aus der Größe der parallaktischen Eigenbewegung (der infolge der Sonnenbewegung nach dem Antapex dieser gerichteten Komponente der gesamten Eigenbewegung) und aus direkt gemessenen Werten kombiniert. Die δ -Cephei-Sterne, die sich durch besonders große Helligkeit auszeichnen, sind hier besonders behandelt, und die Parallaxe wurde nur aus den Eigenbewegungen gewonnen. Zu diesen gesellen sich eine Reihe von Sternen, deren spektrale und sonstige Charakteristik sich den Cepheiden nähern, d. s. schmale Spektrallinien, Auftreten der „enhanced lines“ (Funkenlinien) und sehr geringe Eigenbewegung sowie Nähe der Milchstraße, ohne daß der typische Lichtwechsel erkannt worden wäre, sie wurden mit den Cepheiden gemeinsam behandelt.

Der mittlere Fehler einer Einzelbestimmung der absoluten Helligkeit wird zu $\pm 0,^{m}40$ angegeben, was in der Parallaxe einen Fehler von $\pm 20\%$ ausmacht. Man sieht hier auf den ersten Blick den großen Wert dieser Methode. Während bei den trigonometrischen Parallaxen der Fehler den festen Wert von etwa $0,^{m}01$ hat, also Messungen von $0,^{m}01$ schon illusorisch sind, wird hier der mittlere Fehler im selben Maße wie die Parallaxe klein und die Grenze wird erst da gegeben, wo die scheinbare Helligkeit nicht mehr ausreicht, um gut ausmeßbare Spektren zu erhalten. Eine weitere Einschränkung besteht wenigstens vorläufig darin, daß die Methode sich bisher nur auf die Typen F, G, K, M anwenden ließ. Bei den A- und B-Typen ist einerseits der Linienreichtum viel geringer und ferner scheint auch die Streuung in absoluter Helligkeit beträchtlich kleiner. Immerhin beträgt sie in einzelnen Fällen noch mehr als 5 Größenklassen. Da wir bisher noch von keinem einzelnen B-Stern und nur von wenigen A-Sternen die individuelle Parallaxe zuverlässig kennen, wäre es sehr wünschenswert, daß sich die spektroskopische Methode auch auf die frühen Typen anwenden ließe.

Bottlinger.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 31. (Seite 599—622)

5. August 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die modernen Methoden der Bestimmung von Sterndurchmessern. (Mit 5 Abbildungen.) Von *E. v. d. Pahlen, Berlin-Potsdam*. S. 599.

Die bevorstehende internationale Astronomentagung in Potsdam. Von *Otto Birck, Berlin-Potsdam*. S. 609.

Experimentelle Untersuchungen über Nahrungsaufnahme, Regeneration und Fortpflanzung von Hydren. (Mit 3 Abbildungen.) Von *W. Goetsch, München*. S. 610.

Besprechungen:

Doflein, Franz, Mazedonien. Von *Max Dingler, München*. S. 615.

Doflein, Franz, Mazedonische Ameisen. Von *Max Dingler, München*. S. 616.

Weil, Arthur. Die innere Sekretion. Von *Leon Asher, Bern*. S. 616.

Grünbaum, F., und R. Lindt, Das Physikalische Praktikum des Nichtphysikers. 3. Auflage. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 617.

Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 617.

Mitteilungen aus verschied. Gebieten. S. 617—622.

Einiges über Passungen. (Mit 2 Abbildungen.)

Die chemischen Eigenschaften der Legierungen.

The transmission of nervous impulses in relation to locomotion in the earthworm. Inbreeding and crossbreeding in *Crepis capillaris* Wallr. Veränderungen der Sonnenoberfläche und Witterungswechsel.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen

Von

Prof. Dr. G. Berndt und Dr. H. Schulz

Privatdozenten an der Technischen Hochschule Charlottenburg

Mit 218 Textfiguren

Preis M. 48,—; gebunden M. 54,—

Inhaltsverzeichnis:

- I. Das metrische System. 1. Die Entwicklung des metrischen Systems. 2. Das internationale Urmeter. 3. Komparatoren. 4. Die Zurückführung des Meters auf die Wellenlänge des Lichtes. 5. Die staatliche Regelung des Maßwesens in Deutschland.
- II. Die technischen Maße. 1. Die Entwicklung der technischen Messungen. Die technischen Strichmaße. 3. Die technischen Endmaße. 4. Die Genauigkeit technischer Messungen. 5. Physiologische Fehler.
- III. Die technischen Meßgeräte mit Maßangabe. 1. Meßgeräte mit Strichmaßstab. 2. Fühlhebel. 3. Schraubenmikrometer. 4. Meßmaschinen. 5. Teilmaschinen. 6. Interferenzkomparatoren.
- IV. Lehren (Technische Meßgeräte ohne Maßangabe). 1. Die Grundlagen für die Konstruktion der Lehren. 2. Lehren für Außenmessungen. 3. Lehren für Innenmessungen. — Literaturverzeichnis.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 9/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefen: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,
Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. Köln a. Rhein Haupt- u. Versanddepot:
chem. Fabrik Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Die Anschaffung des

(225)

Handwörterbuchs der Naturwissenschaften



10 Bände in Halbleinen 1440 Mk., Auslandspreis 2880 Mk.,
erleichtert durch Verteilung des Betrages
auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10 0/10
Monatsraten. Das Werk wird sofort voll-
ständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 236 an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten.

(236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die innere Sekretion

Eine Einführung für Studierende und Ärzte

Von

Dr. Arthur Weil

Privatdozent der Physiologie an der Universität Halle

Mit 35 Textabbildungen

Preis M. 28,— ; gebunden M. 36,—

Siehe auch die Besprechung auf Seite 616 dieser Nummer!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

5. August 1921.

Heft: .

Die modernen Methoden der Bestimmung von Sterndurchmessern.

Von E. v. d. Pahlen, Berlin-Potsdam.

Wenn die jahrzehntelangen Bemühungen der Astronomen, das Problem der Struktur des Sternsystems zu lösen, im Vergleiche zu den auf anderen Gebieten der Astronomie und der Physik erreichten glänzenden Resultaten, bis jetzt nur ein verhältnismäßig sehr bescheidenes Ergebnis gezeigt haben, so liegt der Grund dafür hauptsächlich in der außerordentlich großen Schwierigkeit, einigermaßen zuverlässige Daten über die räumliche Verteilung und die Größe der Sterne zu erhalten. Diese in den Dimensionen des zu untersuchenden Systems begründete Schwierigkeit hat *Schwarzschild* einmal in sehr prägnanter Weise zum Ausdruck gebracht, indem er das Sternsystem mit einer nach Millionen zählenden Menge von Stecknadelköpfen verglich, die in gegenseitigen Entfernungen von über 50 Kilometer im Raume zerstreut wären. Fügt man noch hinzu, daß die uns zur trigonometrischen Ausmessung dieses Systems zur Verfügung stehende Base — der Durchmesser der Erdbahn um die Sonne — in diesem Bilde einer Strecke von ungefähr 20 cm entsprechen würde, so wird einem sofort begreiflich, warum im Laufe des verflossenen Jahrhunderts, bei größter Anstrengung und vollständiger Ausnutzung aller technischen Hilfsmittel, nicht mehr als einige Hunderte von Sternentfernungen mit einigermaßen befriedigender Genauigkeit ermittelt werden konnten. Noch übler ist es mit unserer Kenntnis der Durchmesser der Sterne bestellt, da es bis vor kurzem überhaupt keine allgemeingültige praktische Methode gab, um diese für das Verständnis ihres physikalischen Zustandes und die Abschätzung ihrer Massen so wichtigen Größen zu messen. Nur bei einigen ganz vereinzelt Sternsystemen (Algol-Veränderlichen, Doppelsternen) war es gelungen, mit Hilfe verschiedener Kunstgriffe sich eine Vorstellung von ihren wirklichen Dimensionen zu bilden, jedoch bezogen sich diese Resultate auf so spezielle Fälle und waren außerdem so wenig zahlreich, daß aus ihnen keine Schlüsse allgemeinerer Natur gezogen werden konnten, und sogar die in neuerer Zeit in den Vordergrund des Interesses gerückte äußerst wichtige Frage nach der Teilung der Sterne späterer Spektralklassen in Riesen- und Zwergsterne an Hand des vorhandenen spärlichen Materials nicht entschieden werden konnte.

Unter diesen Umständen ist es begreiflich, daß

die vor einigen Monaten aus Amerika eingetroffene Mitteilung über die direkte Messung des Winkeldurchmessers von α Orionis mit Hilfe einer Interferenzmethode, das größte Aufsehen erregen mußte und als eine wissenschaftliche Tat ersten Ranges betrachtet wurde. Es ist vorläufig natürlich noch nicht möglich, sich ein ganz klares Urteil über die Reichweite dieser Methode zu bilden, aber schon die Tatsache allein, daß ein Sterndurchmesser unabhängig von irgendwelchen hypothetischen Annahmen rein empirisch bestimmt werden konnte, berechtigt zu den schönsten Hoffnungen. Auch in dem Falle, wenn sich diese nur teilweise bewahrheiten sollten, würde die Methode doch einen hohen Wert behalten, da sie die experimentelle Kontrolle der Richtigkeit derjenigen Annahmen liefert, die den in neuerer Zeit entstandenen indirekten Methoden der Berechnung der Sterndurchmesser, von denen weiter unten noch die Rede sein soll, zugrunde liegen. Die von den Herren *Anderson* und *Pease* auf Mount Wilson benutzte Interferenzmethode rührt von Prof. *Michelson* her, der sie bereits vor ungefähr 30 Jahren, gelegentlich seiner Untersuchungen über die Möglichkeit der Vergrößerung des Trennungsvermögens optischer Instrumente entwickelte; sie dient sowohl zur Bestimmung des Winkelabstandes der Komponenten sehr enger Doppelsterne wie zur Ermittlung des Winkeldurchmessers einer sehr kleinen oder sehr entfernten Lichtquelle. Trotzdem diese geniale Methode schon im Jahre 1890 im 30. Bande des *Philosophical Magazine* erschien und kurze Zeit darauf auf die Bestimmung der scheinbaren Durchmesser der Jupitermonde erfolgreich angewandt wurde, ist, bis vor kurzem, kein einziger Versuch gemacht worden, sie auf die Sterne anzuwenden, wahrscheinlich weil man einen solchen Versuch, wegen des Einflusses der Luftunruhe, die schon bei gewöhnlichen optischen Beobachtungen so störend wirkt, für aussichtslos hielt. Erst im Jahre 1919 nahm Prof. *Michelson* selbst den Gedanken wieder auf, und auf seine Anregung sind zunächst auf der Yerkes-Sternwarte, dann auf dem Mount Wilson eine Reihe von Versuchen gemacht worden, die schließlich zu den glänzenden von den Herren *Anderson* und *Pease* mitgeteilten Resultaten führten.

Um das Prinzip der Michelsonschen Methode in möglichst einfacher Form darstellen zu können, müssen wir uns zunächst einen klaren Begriff von der Beschaffenheit des zu uns gelangenden Sternlichts machen. Jeder leuchtende Punkt der

Sternoberfläche sendet kugelförmige, nichtpolarierte Lichtwellen aus, in denen Lichtschwingungen der verschiedensten Perioden enthalten sind; da aber nur ein verhältnismäßig schmaler Bereich von Wellenlängen optisch oder photographisch wirksam ist, können wir uns von vornherein auf die Betrachtung monochromatischer Schwingungen beschränken. Die von einem Punkte der Sternoberfläche an einen irdischen Beobachter gelangenden kugelförmigen Wellen können nun immer mit genügender Annäherung als *ebene* Wellen betrachtet werden, da ihre Krümmung, wegen der großen Entfernung des Sternes in allen Fällen (auch da, wo es sich um die Berechnung optischer Gangunterschiede handelt) verschwindend klein ist¹⁾. Das von der ganzen Oberfläche des Sternes kommende Licht stellt also ein System ebener Wellen dar, die untereinander sehr kleine, aber gerade noch merkbare Winkel bilden, und die Aufgabe besteht gerade darin, den größten dieser Winkel, den die von zwei entgegengesetzten Enden eines Sterndurchmessers ausgehenden Wellen bilden, zu messen. Da jede ebene Welle von einem Punkte der Sternoberfläche herrührt, der als selbständige Lichtquelle aufgefaßt werden kann, sind sie untereinander alle inkohärent, und es können daher Interferenzerscheinungen nur zwischen verschiedenen Teilen einer und derselben Welle beobachtet werden. Hieraus ergibt sich schon, daß der Interferenzapparat aus einer Vorrichtung bestehen muß, die aus jeder einfallenden Welle zwei oder mehr Stücke aussondert und diese, nachdem ein Gangunterschied zwischen ihnen entstanden ist, wieder räumlich zur Deckung bringt. Denken wir uns also einen mit zwei gleichen spaltförmigen Öffnungen versehenen Schirm vor das Objektiv eines Fernrohrs gesetzt, so daß das Licht nur an zwei, an entgegengesetzten Enden seines Durchmessers freibleibenden Stellen hindurchgehen kann, und fragen wir nach den Interferenzerscheinungen, die in der Brennebene dieses Apparates beobachtet werden, wenn wir ihn auf einen Stern richten. Der Schirm PP' (Fig. 1) stehe senkrecht zur optischen Achse OO' , die nach dem Mittelpunkt eines Sternes gerichtet sei; die zwei gleichen Öffnungen SS' seien etwa zwei zu der Ebene der Figur senkrecht stehende Spalte, deren Mittellinien in einer Entfernung D voneinander liegen. Das Objektiv des Fernrohrs, welches auf der Figur nicht dargestellt ist, liege unmittelbar hinter dem Schirme, auf der Seite O . Wir betrachten zunächst eine ebene Welle, die unter einem sehr kleinen Winkel α zur optischen Achse des Apparates einfällt und deren Normale in der Ebene der Zeichnung liegt (letztere soll die Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Öffnungen

und die optische Achse enthalten). Von den bei S und S' isolierten zwei Wellenstücken pflanzen sich nach dem Huyghensschen Prinzip Lichterregungen in allen Richtungen fort, und jedes Paar paralleler Strahlen wird durch das Fernrohrobjektiv in einem Punkte seiner Brennebene vereinigt. Betrachten wir zwei von entsprechenden Punkten von S und S' ausgehende parallele Strahlen, die einen kleinen Winkel γ mit der optischen Achse bilden, so ist der Gangunterschied Δ dieser zwei Strahlen natürlich gleich der Anzahl der Wellen, die auf der Strecke $S'B$ liegen, vermindert um die Anzahl der Wellen auf der Strecke SA , also:

$$\Delta = \frac{1}{\lambda} \{ S'B - SA \} = \frac{1}{\lambda} \{ D \sin \gamma - D \sin \alpha \}$$

oder, wenn die Winkel α und γ so klein sind, daß die trigonometrischen Funktionen durch die Argumente ersetzt werden können:

$$\Delta = \frac{D}{\lambda} (\gamma - \alpha) \quad \dots \quad (1)$$

Für alle Winkel γ , die für Δ einen ganzzahligen Wert ergeben (einschließlich des Wertes $\Delta = 0$,

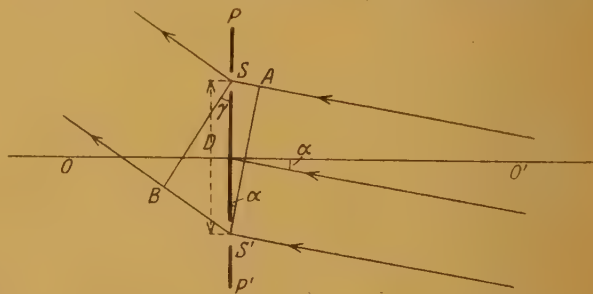


Fig 1. Gangunterschied zweier, durch die Schirmöffnungen S und S' hindurchgehender paralleler Strahlen, die in der Brennebene des Fernrohrs interferieren.

für $\gamma = \alpha$), haben also die in der Brennebene in einem Punkte vereinigten Strahlen immer dieselbe Phase und verstärken sich daher in ihrer Wirkung, während sie für solche Winkel γ , die für den Gangunterschied die Werte $\pm 1/2, \pm 3/2, \pm 5/2$ usw. liefern, um 180° verschiedene Phasen besitzen und sich, da ihre Amplituden natürlich gleich sind, gegenseitig zerstören. Das Resultat ist ein System von Interferenzfransen, das parallel zu der die beiden Öffnungen verbindenden Geraden verläuft, und in dem die Lichtintensität von jedem Maximum in ständiger Weise bis zu dem Werte Null im Minimum abnimmt. Die Werte γ , welche den Lagen der Maxima entsprechen, lassen sich aus der Formel (1) leicht bestimmen; man braucht dazu nur diese Gleichung nach γ aufzulösen und für Δ , der Reihe nach, alle ganzen Zahlen n (einschließlich $n = 0$) einzusetzen. Es ist dann:

$$\gamma_n = \frac{n \lambda}{D} + \alpha \quad \dots \quad (2)$$

Gehen wir nun zu einer anderen ebenen Welle über, die einen Winkel α' mit der optischen Achse des Fernrohrs bildet, und deren Normale wiederum in der Ebene der Zeichnung liegt, so erhalten

¹⁾ Die Abweichung einer Wellenfläche von der Tangentialebene würde nämlich sogar noch bei einem Sterne mit einer Parallaxe von $1''$ (wie es keine gibt) erst in einem Abstände von ca. 150 Kilometern vom Berührungspunkte eine Wellenlänge des optisch oder photographisch wirksamen Lichtes erreichen.

wir für sie natürlich genau dieselbe Erscheinung wie für die erste Welle, mit dem einzigen Unterschiede, daß die Lagen aller Maxima und Minima jetzt etwas verschoben sind. Das erste Maximum findet z. B. nicht bei $\gamma = \alpha$, sondern bei $\gamma = \alpha'$ statt. Wenn wir nun einen Stern betrachten, dessen scheinbarer Winkeldurchmesser den Wert $\bar{\alpha}$ hat, so kann der Einfallswinkel alle Werte zwischen den Grenzen $-\frac{\bar{\alpha}}{2}$ und $+\frac{\bar{\alpha}}{2}$ annehmen, und die von den verschiedenen ebenen Wellen herrührenden Systeme von Interferenzfransen überlagern sich, wodurch die Kontraste zwischen Maximis und Minimis etwas verwischt werden. Um die tatsächlich beobachtbare Lichtverteilung im Interferenzbilde zu erhalten, muß für jeden gegebenen Winkel γ die Summation über alle Intensitäten vorgenommen werden, die durch sämtliche ebene Wellen, deren

Rechnungen, die wir hier übergehen können, gestatten nun, die Intensitäten im Interferenzbilde für verschiedene Objekte, wie z. B. kreisförmige Scheiben, Doppelsterne usw. als Funktionen der Wellenlänge λ und des linearen Abstandes D der Öffnungen zu berechnen, und es wäre daher prinzipiell auch möglich, aus der beobachteten Intensitätsverteilung und dem gemessenen Abstände D auf die Gestalt und Winkelgröße eines Objektes zurückzuschließen. Indessen würden solche Schlüsse bei der sehr geringen Ausdehnung der Interferenzstreifen und der damit verbundenen Schwierigkeit und Unsicherheit der Intensitätsmessungen nur einen sehr geringen Grad von Genauigkeit besitzen. Diese Schwierigkeit umgeht nun Michelson in sehr geschickter Weise, indem er durch passende Wahl des Abstandes D zwischen den Öffnungen SS' die Interferenzstreifen zum Verschwinden bringt. Daß es wirklich solche

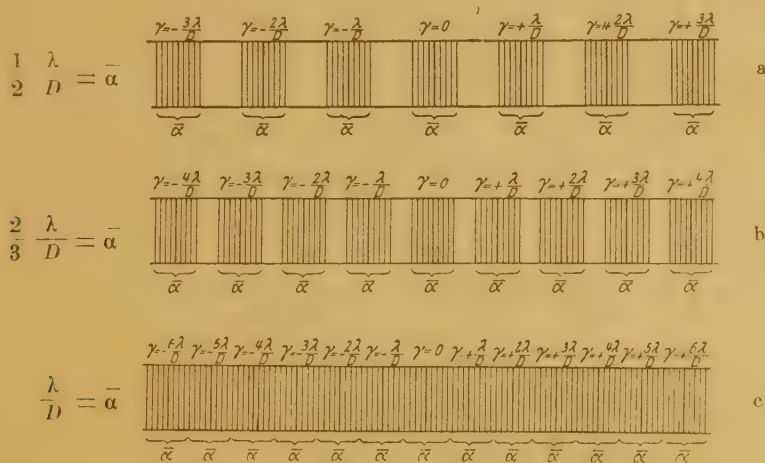


Fig. 2. Verteilung der Interferenzmaxima der von den verschiedenen Punkten der Sternoberfläche ausgehenden Lichtwellen, bei verschiedenen Abständen D zwischen den Schirmöffnungen.

Neigungswinkel zur optischen Achse zwischen den äußersten Werten $-\frac{\bar{\alpha}}{2}$ und $+\frac{\bar{\alpha}}{2}$ liegen, erzeugt werden. Dabei ist noch der Umstand zu berücksichtigen, daß das Objekt auch in der zur Verbindungslinie der Öffnungen senkrechten Richtung einen merklichen Winkeldurchmesser haben kann, während wir ihn bei der obigen Überlegung als linear vorausgesetzt haben, indem wir unsere Betrachtung nur auf diejenigen ebenen Wellen beschränkten, deren Normalen in der Ebene der Zeichenebene lagen. Indessen bringt diese Erweiterung keine neuen prinzipiellen Schwierigkeiten herein, da die Berücksichtigung dieser zur Zeichenebene schwach geneigten Strahlen nur die Amplituden, und nicht die Gangunterschiede der in der Brennebene in einem Punkte interferierenden Strahlen beeinflußt. Diese von Michelson in der oben zitierten und einer Reihe späterer Arbeiten ausgeführten verhältnismäßig einfachen

Werte D geben muß, bei denen die Interferenzstreifen unsichtbar werden, erhellt aus folgender Überlegung. Nehmen wir zunächst an, daß der Durchmesser $\bar{\alpha}$ des beobachteten Sterns beträchtlich kleiner ist, als die in der Formel (2) auftretende Größe $\frac{\lambda}{D}$, die den Abstand zweier aufeinanderfolgender Maxima oder Minima ausdrückt. Dann liegen, wie aus Fig. 2, a, zu ersehen ist, die Maxima der durch die parallel zur optischen Achse einfallende ebene Welle erzeugten Interferenzstreifen bei $\gamma = 0, \pm \frac{\lambda}{D}, \pm 2 \frac{\lambda}{D}$ usw., und die Maxima der anderen Wellen lagern sich zu beiden Seiten dieser Maxima, indem sie einen Streifen von der Breite $\bar{\alpha}$ einnehmen. Das Resultat ist ein, wenn auch etwas verwischtes, so doch deutlich wahrnehmbares Streifensystem. Vergrößert man nun den Abstand D zwischen den beiden Öffnungen, so werden die Abstände

zwischen den aufeinanderfolgenden Maximis entsprechend kleiner, und da $\bar{\alpha}$ dabei natürlich unverändert bleibt, rücken die Ränder der von den Maximis sämtlicher Wellen überdeckten Streifen immer näher aneinander (Fig. 2, b), bis schließlich, in dem Augenblick, wo

$$\frac{\lambda}{D} = \bar{\alpha} \quad \dots \dots \dots (3)$$

wird, an jeder Stelle des Bildes ein Maximum (und auch jede andere Phase) des Interferenzsystems irgendeiner Welle zu liegen kommt, so daß die Lichtintensität überall gleichmäßig verteilt ist und keine Streifen mehr gesehen werden können (Fig. 2, c). Wird der Abstand D noch weiter vergrößert, so wird die Verteilung der von den einzelnen Wellen herrührenden Maxima wieder ungleichmäßig, und es entstehen wiederum Interferenzstreifen, jedoch verschwinden sie immer, wenn $\bar{\alpha}$ ein ganzes Vielfaches von $\frac{\lambda}{D}$

wird, da in allen solchen Fällen, wie leicht einzusehen ist, die Maxima wieder gleichmäßig verteilt sind. Nun bezog sich diese Überlegung auf den Fall einer „linearen“ Lichtquelle, bei der die von den einzelnen ebenen Wellen erzeugten Streifen, ganz unabhängig von ihrem Einfallswinkel α , genau dieselbe Intensität haben. Bei einer kreisförmigen Scheibe z. B. würde das nicht mehr der Fall sein, sondern die von den mittleren Partien erzeugten Interferenzstreifen würden eine größere Intensität haben, als die von den Rändern herrührenden, da ihre Helligkeit proportional der dem Einfallswinkel α entsprechenden, zur Verbindungslinie der Öffnungen SS' senkrecht stehenden Kreissehne angenommen werden kann. In der Fig. 2 würde sich dieser Umstand dadurch äußern, daß die Intensitäten der Maxima in jedem von ihnen überdeckten Bereiche von der Mitte des Bereiches nach seinen Rändern zu abnehmen würde. Es ist daher klar, daß bei der in Fig. 2 c dargestellten Lage, in der sich diese Ränder gerade berühren, noch keine vollständig gleichmäßige Lichtverteilung eintreten könnte; um eine solche zu erzielen, müßte vielmehr eine kleine Überlagerung der Ränder stattfinden, d. h. der Abstand D müßte noch etwas größer gewählt werden. Wie eine genaue Rechnung zeigt, findet das Verschwinden der Interferenzfransen bei gleichmäßig leuchtenden kreisförmigen Scheiben für solche Werte von D statt, bei denen $\bar{\alpha} = 1,22 \frac{\lambda}{D}, 2,24 \frac{\lambda}{D}, 3,26 \frac{\lambda}{D}$ usw. ist, bei Doppelsternen, deren Komponenten gleiche Helligkeit haben, und deren Winkelabstand β ihre Durchmesser etwa um das Fünf- oder Sechsfache übersteigt, bei $\beta = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{D}, \frac{3}{2} \frac{\lambda}{D}, \frac{5}{2} \frac{\lambda}{D}$ usw.

Das Messungsverfahren nach der Michelsonschen Methode besteht demnach in folgendem: mittelst eines vor dem Objektiv eines Fernrohrs angebrachten, mit zwei Öffnungen, deren Abstand

D verändert werden kann, versehenen Schirmes wird ein Interferenzbild des zu beobachtenden Sternes erzeugt und darauf, durch allmähliche Änderung des Abstandes D , die Interferenzfransen zum Verschwinden gebracht. Aus dem direkt gemessenen Abstande D und der effektiven Wellenlänge λ des Sternlichtes läßt sich dann der Durchmesser des Sternes oder der Winkelabstand der Komponenten des Doppelsterns nach den oben angeführten einfachen Formeln berechnen. Der prinzipielle Unterschied beider Fälle, der auch ihre praktische Unterscheidung ermöglicht, besteht darin, daß bei einem einfachen Sterne die Interferenzfransen bei jeder beliebigen Orientierung der Verbindungslinie der Öffnungen SS' zum Verschwinden gebracht werden können, während dies bei einem Doppelsterne nur dann möglich ist, wenn ihr Positionswinkel mit demjenigen der Komponenten des Doppelsterns übereinstimmt.

Um uns eine Vorstellung von den linearen Dimensionen eines zum Zwecke solcher Beobachtungen geeigneten Apparates zu bilden, wollen wir die Größe des Abstandes D berechnen, der nötig wäre, um den Winkeldurchmesser der Sonne zu messen, falls sich diese in der Entfernung von 1 parsec (der Entfernung, in welcher ein Stern eine jährliche Parallaxe von einer Bogensekunde haben würde) befände. Da der scheinbare Durchmesser der Sonne ungefähr gleich $30'$ ist, so würde sie in einer $2 \cdot 10^5$ mal größeren Entfernung nur noch einen Winkeldurchmesser von $0'',01$, oder in absolutem Winkelmaße $5 \cdot 10^{-8}$ haben. Nimmt man für die effektive Wellenlänge des Sonnenlichtes den etwa der gelben Farbe entsprechenden Wert $\lambda = 550 \mu\mu$ oder $5,5 \cdot 10^{-5}$ cm an, so ergibt sich nach der Formel:

$$D = 1,22 \frac{\lambda}{\alpha} \quad \dots \dots \dots (4)$$

daß die Interferenzstreifen erst bei einem Abstände D von ungefähr 13 m zum ersten Male verschwinden würden. (Dabei ist die Sonne als gleichmäßig leuchtende Scheibe vorausgesetzt; wollte man noch die bekannte Abnahme der Oberflächenhelligkeit an den Rändern berücksichtigen, so würde man auf noch größere Werte für D kommen.) Nun ist die Sonne zwar eher als ein kleiner Stern zu betrachten, da aber die Entfernungen der meisten Sterne unvergleichlich viel größer sind als die hier angenommene, kann der Wert von $0'',01$ wenigstens der Größenordnung nach als eine obere Grenze für die Winkeldurchmesser der Sterne betrachtet werden, und es ist daher klar, daß die gegenwärtig existierenden Fernrohrobjektive zu ihrer Messung nicht verwendet werden können. Es müssen vielmehr zu diesem Zwecke besondere Apparate gebaut werden, deren Typus von Michelson schon in seiner ersten Arbeit entworfen worden ist, und die im wesentlichen aus zwei in möglichst großer Entfernung voneinander aufgestellten Spiegeln bestehen, welche die Rolle der früheren Öffnungen SS' übernehmen. Dagegen kann ein Objektiv von

etwa 2 m Durchmesser (wie der große 100"-Spiegel des Mount-Wilson-Observatoriums) zur Messung des Winkelabstandes der Komponenten enger Doppelsterne, die optisch nicht mehr getrennt werden könnten, wohl verwendet werden, und dies war denn auch die erste Aufgabe, deren Lösung die Astronomen von Mount Wilson, auf Anregung von Prof. Michelson selbst, in den ersten Monaten des verflossenen Jahres in Angriff nahmen. Als Objekt wurde der spektroskopische Doppelstern Capella (α Aurigae) gewählt, da einerseits seine Bahnelemente aus spektroskopischen Messungen, andererseits auch seine Parallaxe mit ziemlich großer Genauigkeit bekannt waren, und der Winkelabstand der Komponenten auf Grund dieser Tatsachen auf $\frac{1}{30}$ Bogensekunde taxiert wurde. Die zur Erzeugung der Interferenzfransen benutzte Vorrichtung war äußerst einfach und bestand lediglich aus einem ca. 27" langen Rohre AC, das an einem Ende durch eine mit zwei verschiebbaren rechtwinkligen Öffnungen versehene Platte A (Fig. 3) zu-



Fig. 3. Der von den Herren Anderson und Pease am Focallende des 100"-Spiegelteleskops von Mount Wilson benutzte Apparat zur Messung des Winkelabstandes enger Doppelsterne nach der Michelsonschen Interferenzmethode.

geschlossen war, während sich am anderen Ende ein stark vergrößerndes Okular E befand, welches zur Beobachtung der Fransen diente. Das Rohr war in der Nähe der Cassegrainschen Fokalebene des Reflektors aufgestellt und konnte um die optische Achse gedreht werden, um die Einstellung der Verbindungslinie der Öffnungen in beliebige Positionswinkel zu ermöglichen. Der Unterschied von dem von Michelson angegebenen Verfahren bestand also darin, daß sich die beiden Öffnungen nicht vor dem Objektiv, sondern in dem vom Objektiv kommenden konvergierenden Strahlenbündel befanden, wodurch eine bedeutende Verringerung ihrer Abmessungen und gegenseitigen Abstandes erzielt und die Justierung und Handhabung des Apparates sehr vereinfacht wurde. Die Dimensionen der Platte und der Spalte wurden so gewählt, daß sie zwei $18,3 \times 27,5$ cm großen, vor dem Objektivspiegel befindlichen Öffnungen entsprachen, deren gegenseitiger Abstand von 120–200 cm variiert werden konnte. Die Beobachtungsmethode bestand nun in folgendem: Der Abstand D der Öffnungen wurde zunächst etwas größer gewählt, als nötig gewesen wäre, um das Verschwinden der Interferenzstreifen bei einem Winkelabstande der Komponenten von $0'',05$ zu bewirken. Wenn also

der Positionswinkel des Apparates mit dem der Komponenten des Doppelsterns zusammenfiel, mußten die Interferenzfransen noch sichtbar sein; bildeten aber diese beiden Richtungen einen Winkel θ , so entsprach dies einer Verkleinerung des Abstandes von D auf $D \cos \theta$, und wenn dieser Winkel so gewählt war, daß $D \cos \theta$ gerade gleich dem richtigen Abstände D_0 wurde, mußten die Fransen beinahe unsichtbar werden. Bei einer vollständigen Umdrehung des Apparates um 360° ergaben sich also vier Lagen, in denen das Interferenzbild eine minimale Deutlichkeit zeigte, und aus den diesen vier Lagen entsprechenden Positionswinkeln, in Verbindung mit dem bekannten Abstände D , ließen sich sowohl der Positionswinkel der Komponenten des Doppelsterns als auch der dem Verschwinden der Streifen entsprechende Wert D_0 , also der Winkelabstand der Komponenten, ableiten. Die an sechs Nächten erhaltenen Beobachtungen ließen sich nun wirklich in sehr befriedigender Weise durch eine Ellipse darstellen; und ein Vergleich mit einer auf Grund der spektroskopischen Elemente von Campbell gerechneten Ephemeride gestattete auch die getrennte Bestimmung der großen Halbachse der Bahn, ihrer Neigung und der Massen der Komponenten (die aus spektroskopischen Beobachtungen bekanntlich nur in den Verbindungen $a \sin i$, $m \sin i^3$, erhältlich sind) sowie der Parallaxe des Sterns durchzuführen. Es ergaben sich für das System die folgenden Werte: Große Halbachse $a = 0'',05249$, Neigung der Bahnebene $i = 140^\circ 30'$, Massen der Komponenten $m_1 = 4,62$ bzw. $m_2 = 3,65$ Sonnenmassen. Die Campbellsche Periode von 104,022 Tagen erhielt eine unwesentliche Verbesserung von $-0,018$ Tagen. Für die Parallaxe wurde der Wert $\pi = 0'',0600$ erhalten, so daß der lineare Abstand der beiden Sterne ungefähr 131 Millionen Kilometer beträgt, also nur etwas kleiner ist als die Entfernung der Erde von der Sonne. Die Darstellung der Beobachtungen mit Hilfe dieses vervollständigten Elementensystems muß als eine geradezu überraschend gute bezeichnet werden: die Abweichungen der beobachteten von den berechneten Werten erreichen im Winkelabstande höchstens $0'',00004$, während die Fehler im Positionswinkel alle unter 1° liegen.

Durch diesen schönen Erfolg ermutigt, gingen die Astronomen von Mount Wilson zur Lösung der noch schwierigeren Aufgabe der Messung eines Sterndurchmessers über und wählten als für den ersten Versuch geeignetes Objekt den Stern α Orionis (Betelgeuse), da dieser auf Grund seiner großen Helligkeit und seines Spektrums (Klasse M), das eine verhältnismäßig schwache Leuchtkraft vermuten ließ, mit größter Wahrscheinlichkeit als ein Riesenstern zu betrachten war. Da es sich bei der Bestimmung der Sterndurchmesser, wie wir oben gesehen haben, im günstigsten Falle um die Messung von Winkeln von wenigen Hundertsteln einer Bogensekunde

handelt, bestand die erste Aufgabe darin, den Abstand zwischen den Öffnungen, der bei der Beobachtung von α Aurigae bis zu 2 m gesteigert werden konnte, noch ganz beträchtlich zu vergrößern. Zu diesem Zwecke konstruierte Herr Pease die in der Fig. 4 schematisch dargestellte Vorrichtung. Vor dem Objektivspiegel des 100"-Reflektors wurde ein 20 Fuß langer Balken AA' angebracht, auf dem vier kreisförmige ebene Spiegel I, II, III, IV von 6" Durchmesser in einer Neigung von 45° zur optischen Achse des Fernrohrs, in der aus der Figur ersichtlichen Weise aufgesetzt waren. Die äußeren Spiegel I, II spielten bei dieser Anordnung die Rolle der früheren Öffnungen SS' , und die von ihnen aufgefangenen Stücke der vom Sterne kommenden ebenen Wellen wurden zunächst nach den inneren Spiegeln III, IV geleitet und dann von diesen in den Objektivspiegel des Fernrohrs reflektiert, in dessen Brennebene sie das Interferenzbild erzeugten. Bei der größten möglichen Entfernung

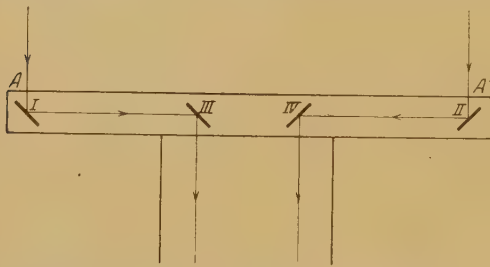


Fig. 4. Die von Herrn Pease in Verbindung mit dem 100"-Spiegelteleskop von Mount Wilson benutzte Vorrichtung zur Messung von Sterndurchmessern.

der Spiegel I, II ($D = 20$ Fuß = ungefähr 6 m) würde, nach Formel (4), ein Sterndurchmesser von etwa $0'',02$ mit Hilfe dieses Apparates noch zu messen sein, es ist aber klar, daß die Handhabung eines so großen, noch dazu beweglichen Interferenzapparates auf ganz außerordentliche praktische Schwierigkeiten stößt. Um einen Begriff von der Größe dieser Schwierigkeiten zu geben, genügt es, zu erwähnen, daß die Beobachter nach jeder Veränderung des Abstandes zwischen den Spiegeln I, II oft eine Stunde lang arbeiten mußten, ehe sie die Interferenzstreifen wiederfanden und beobachten konnten. Nach vielen Versuchen gelang es nun endlich Herrn Pease und seinen Kollegen, am 13. Dezember 1920 das erwünschte Resultat zu erhalten, indem sie bei klarem Himmel und guten Bildern den Stern α Orionis mit einem Abstande von 10 Fuß zwischen den Spiegeln I, II beobachteten und keine Spur von Interferenzfransen bemerken konnten, während bei unverändertem Abstande mehrere andere Sterne, die an demselben Abend beobachtet wurden, ein deutliches Interferenzbild gaben. Setzt man den Wert $D = 10$ Fuß = 310 cm in die Gleichung (4) ein und nimmt wieder als effektive Wellenlänge $\lambda = 550 \mu\mu$ an, so folgt für den Winkeldurchmesser von α Orionis der Wert

$\alpha = 0'',045$. Da das Mittel der direkt gemessenen Parallaxen dieses Sterns $\pi = 0'',018$ ist¹⁾, ergibt sich, daß sein linearer Durchmesser denjenigen der Sonne um das 260-fache übersteigt.

Es sprechen aber verschiedene Argumente dafür, daß diese Parallaxe möglicherweise noch wesentlich kleiner angenommen werden muß und etwa $0'',01$ beträgt (E. Freundlich, Über die Durchmesser der Fixsterne, Naturwissenschaften, März 1921); in diesem Falle würde der Durchmesser von α Orionis sogar 500mal größer als derjenige der Sonne sein. Dieses Resultat besitzt für uns einen sehr hohen theoretischen Wert, da es den ersten, an keinerlei Hypothesen geknüpften direkten Nachweis der wirklichen Existenz roter Riesensterne liefert, und der für das Verständnis der Physik des Sternsystems so wichtigen Trennung der Sterne später Spektraltypen in Riesen- und Zwergsterne eine einwandfreie experimentelle Unterlage schafft. Es ist sicher nicht leicht, auf Grund der noch spärlichen Nachrichten, die über die Beobachtungen von Herrn Pease vorliegen, sich jetzt schon ein Urteil über die Genauigkeit dieser ersten direkten Messung eines Sterndurchmessers zu bilden; indessen spricht der Umstand, daß der hier erhaltene Wert mit einem auf indirektem Wege, nach einer gänzlich verschiedenen Methode, von der weiter unten die Rede sein soll, abgeleiteten Werte eine bemerkenswerte Übereinstimmung zeigt dafür, daß die auf Mount Wilson ausgeführten Messungen schon einen ziemlich hohen Grad von Genauigkeit erreichen, der zweifellos in der nächsten Zukunft noch eine beträchtliche Steigerung erfahren wird. Vorläufig steht das für α Orionis erhaltene Resultat noch vereinzelt da, denn die an anderen Sternen, namentlich an α Ceti, α Tauri, β Geminorum und α Canis Minoris unternommenen Messungsversuche haben leider noch zu keinen sicheren Ergebnissen geführt, wahrscheinlich weil die Winkeldurchmesser dieser Sterne zu klein sind, um mit der verfügbaren „Base“ gemessen zu werden. Es hat sich aber im Verlaufe der Beobachtungen immerhin die erfreuliche Feststellung machen lassen, daß die Sichtbarkeit der Interferenzfransen, auch bei den größten bis jetzt benutzten Basen, durch den wachsenden Einfluß der Luftunruhe sehr wenig beeinflusst wird, so daß der Ausdehnung der Methode auf die Messung immer kleinerer Winkel unter Benutzung immer größerer Abstände zwischen den Spiegeln außer der rein mechanischen Schwierigkeiten nichts im Wege zu stehen scheint. Allerdings scheint eine radikale Änderung des Typus eines zu solchen Zwecken dienenden Äquatorials geboten zu sein — während bis jetzt die zur Erzeugung der Interferenzen dienende Vorrichtung immer als ein spezieller Zusatz zu dem Fernrohr erschien, wird wohl in Zukunft, bei den neu zu bauenden Apparaten, der die Spiegel tragende

¹⁾ H. C. Wilson, Popular Astronomy, April 1921.

Balken gewissermaßen das Hauptstück, das zur Beobachtung dienende Fernrohr dagegen das Anhängsel bilden müssen. Augenblicklich sind auf dem Mount Wilson Vorarbeiten im Gange zur Herstellung eines Interferenzapparates, bei dem die Base eine Länge von 8 m erreichen wird. Aber auch die Anzahl der diesem Apparate zugänglichen Sterne wird doch eine sehr beschränkte bleiben, da sogar bei einer so ausgedehnten Base ein Durchmesser von $0''.017$ die Grenze des Meßbaren bilden wird, während die Durchmesser der meisten, sogar der hellen Sterne weit unterhalb dieser Grenze liegen dürften.

In diesem Zusammenhang ist es vielleicht nicht uninteressant, noch einer anderen, von der Michelsonschen ziemlich stark abweichenden Methode Erwähnung zu tun, die im Jahre 1910 vom russischen Gelehrten *S. Pokrowski* vorgeschlagen wurde und bis jetzt noch niemals eine praktische

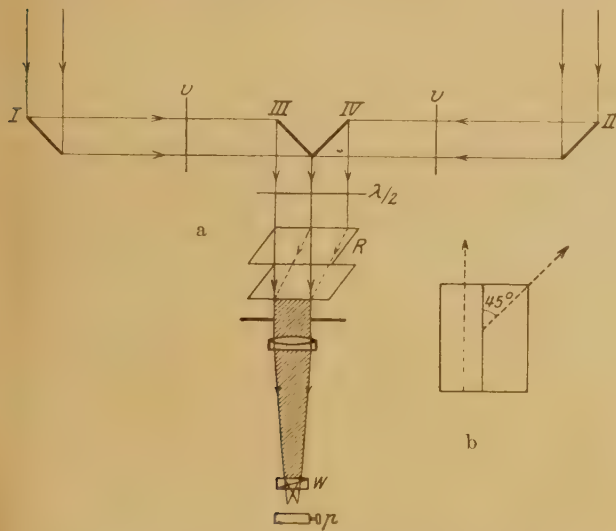


Fig. 5. Der von Herrn Pokrowski in A. N. 4586 vorgeschlagene Sterninterferometer.

Anwendung gefunden hat, trotzdem ihre Leistungsfähigkeit hinter derjenigen der Michelsonschen Methode kaum zurücksteht und möglicherweise dieselbe sogar übertrifft. Das Wesentliche dieser Methode läßt sich vielleicht am einfachsten an Hand der von Pokrowski¹⁾ mitgeteilten schematischen Skizze des von ihm vorgeschlagenen Apparats, die in Fig. 5 a wiedergegeben ist, erklären. Der Gangunterschied der zur Interferenz bestimmten Lichtwellen wird genau ebenso wie bei der Michelsonschen Methode durch Herausgreifen zweier räumlich möglichst weit auseinanderliegender Stücke einer vom Sterne kommenden ebenen Welle erzeugt; die Spiegel I, II, III, IV entsprechen genau den mit denselben Nummern bezeichneten Spiegeln der Fig. 4, nur sind hier die beiden mittleren Spiegel so nahe wie möglich aneinander gerückt, was dort nicht notwendig war,

¹⁾ A. N. 4586. Über das neue Bestimmungsverfahren scheinbarer Durchmesser der Sterne mittels elliptischer Polarisation des Lichtes.

da die beiden Strahlenbündel durch das Objektiv zusammengebracht wurden, während sie hier durch eine gleich zu beschreibende Vorrichtung nur um kleine Strecken seitlich verschoben und zur Überlagerung gebracht werden. Da der Winkeldurchmesser eines Sterns immer sehr klein ist, kann man mit genügender Annäherung annehmen, daß alle vom Sterne kommenden ebenen Wellen denselben Raum durchlaufen, und der Einfluß der dem Sterndurchmesser entsprechenden kleinen Unterschiede der Einfallswinkel äußert sich nur dadurch, daß die Gangunterschiede der an den Spiegelpaaren I, III und II, IV reflektierten Wellen für die von den verschiedenen Punkten der Sternoberfläche kommenden Wellen verschieden sind. Nach der Reflexion an den Spiegeln III, IV fallen die parallel nebeneinander verlaufenden beiden Strahlenbündel zunächst auf zwei nebeneinander gestellte $\frac{1}{2}\lambda$ -Platten aus einer doppelbrechenden Substanz (Gips), deren optische Achsen beide in einer zu den Strahlen senkrechten Ebene liegen und untereinander einen Winkel von 45° bilden, wobei die Achse der einen Platte noch parallel zu ihrer Trennungslinie (also senkrecht zur Ebene der Zeichnung) ist (Fig. 5 b). Die Wirkung dieser Platte besteht darin, daß zwei kohärente Schwingungen, die in den ursprünglichen Wellen parallel gerichtet waren, nach Verlassen der Platte aufeinander senkrecht stehen, wobei ein zwischen ihnen etwa vorhandener Gangunterschied erhalten bleibt. (Eine ähnliche Drehung aller Amplituden der einen Welle um 90° würde man auch erreichen können, wenn man sie durch eine die Polarisationssebene drehende Quarzplatte geeigneter Dicke hindurchgehen ließe, was sich aber wegen der großen Drehungsdispersion des Quarzes weniger empfiehlt.) Hinter den Gipsplatten ist nun ein Rhomboeder (oder zwei) von isländischem Späth aufgestellt, dessen Hauptschnitt senkrecht zur Trennungslinie der Platten (also in der Zeichenebene) liegt und auf den die Strahlen senkrecht einfallen. Alle in der Ebene des Hauptschnittes des Späths polarisierten Komponenten der vom Spiegel III reflektierten Strahlen passieren diesen dann ohne Brechung, wie ordinäre Strahlen, während die ihnen entsprechenden, um 90° gedrehten Komponenten der vom Spiegel IV kommenden Strahlen, die also senkrecht zum Hauptschnitte polarisiert sind, beim Durchgang durch den Späth parallel zu sich selbst in der Ebene des Hauptschnittes seitlich verschoben werden und, bei genügender Breite des Bündels oder Dicke des Kristalls, mit den ersten räumlich zusammenfallen. Von jeder von einem Punkte der Sternoberfläche kommenden ebenen Welle breiten sich also in dem auf der Figur schraffierten Gebiete zwei kohärente, parallel bzw. senkrecht zum Hauptschnitte des Kristalls polarisierte ebene Wellen mit gleichen Amplituden der Schwingungen und einem Gangunterschiede, der nur von dem Einfallswinkel der ursprünglichen Welle ab-

hängt¹⁾. Ist dieser Winkel gleich Null, so ist der von beiden Wellen zurückgelegte Weg genau derselbe, der Gangunterschied ist Null und die beiden Schwingungszustände im schraffierten Gebiete kombinieren sich zu einer geradlinigen Schwingung, die einen Winkel von 45° mit der Ebene des Hauptschnittes bildet. Bei allen anderen Wellen ist ein Gangunterschied vorhanden, der um so größer wird, je größer der Einfallswinkel war, und die entsprechenden Schwingungen kombinieren sich zu *elliptischen* Schwingungen, deren große Achsen aber alle, wegen der Gleichheit der Amplituden, mit der Ebene des Hauptschnittes denselben Winkel von 45° bilden, und deren kleine Achsen gewissermaßen als Maß für den Gangunterschied betrachtet werden können. Läßt man nun endlich dieses kombinierte Strahlungsbündel durch ein Wollastonsches Prisma hindurchgehen, dessen Hauptschnittebene mit der des Spats einen Winkel von 45° bildet, so entstehen zwei räumlich getrennte Sternbilder, von denen das intensivere durch Summation aller den großen Achsen entsprechenden Intensitäten, das schwächere durch Summation der den kleinen Achsen entsprechenden Intensitäten erzeugt wird. (Da die einzelnen vom Sterne kommenden ebenen Wellen untereinander inkohärent sind, kann keine weitere Interferenz zwischen diesen Komponenten stattfinden, und die resultierende Intensität wird durch Summation der Quadrate der entsprechenden Amplituden erhalten). Das Verhältnis der Intensitäten I_a und I_b , beider Sternbilder $i = I_b/I_a$, welches mit Hilfe eines Photometers gemessen werden kann, ist dann ein direktes Maß für den Winkeldurchmesser $\bar{\alpha}$ des Sterns, welcher, wie Herr *Pokrowski* zeigt, bei gleichmäßiger Verteilung des Lichtes auf dem Sternscheibchen, durch die einfache Formel

$$\bar{\alpha} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\lambda}{D} \sqrt{i}$$

gegeben wird. Wie aus dieser Formel zu ersehen ist, wird der Helligkeitsunterschied beider Sternbilder um so größer sein, je kleiner der Durchmesser des Sternes ist, was ja auch unmittelbar einleuchtet, da wir bei einer streng punktförmigen Lichtquelle überhaupt keine Gangunterschiede und also nur das den großen Achsen entsprechende Sternbild erhalten würden. Dieser Umstand bedingt gerade die große Empfindlichkeit der Methode, da die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit nur dadurch gesetzt ist, daß das schwächere Sternbild nicht verschwinden darf und photometrisch meßbar bleiben muß. Herr *Pokrowski* hat, unter gewissen Annahmen über die Lichtverluste bei den verschiedenen Reflexionen an den Spiegeln und brechenden Flächen, berechnet, daß schon bei einem Abstände $D =$

1 Meter zwischen den Spiegeln I und II und einem Querschnitt der interferierenden Strahlungsbündel von 300 mm², der kleinste noch meßbare Sterndurchmesser für Sterne erster Größe ungefähr 0'',005, und bei Sternen neunter Größe 0'',2 betragen würde. Wenn sich die gemachten Annahmen in der Praxis bewahrheiten sollten, würde dies gegenüber dem Michelsonschen Verfahren einen beträchtlichen Fortschritt bedeuten, da nach letzterem bei dem erwähnten kleinen Abstände höchstens Sterndurchmesser von 0'',12 gemessen werden können. Als ein weiterer Vorzug der Methode ist ferner der Umstand zu betrachten, daß der Abstand der Spiegel während der Beobachtung nicht variiert zu werden braucht. Es wäre jedenfalls interessant, nachdem die praktische Möglichkeit der Benutzung von Interferometern zur Messung der Sterndurchmesser von den amerikanischen Astronomen in so glänzender Weise erwiesen worden ist, auch die *Pokrowskische* Methode, trotz ihrer größeren Kompliziertheit, einmal auf ihre praktische Brauchbarkeit zu prüfen, namentlich auch weil ihre Empfindlichkeit vermutlich noch bedeutend gesteigert werden kann, wenn man das von Herrn *Pokrowski* vorgeschlagene optisch-photometrische Messungsverfahren durch ein photographisches ersetzt.

Trotz der zweifellos großen Leistungsfähigkeit der Interferenzmethoden bei der Messung sehr kleiner Winkel und der hervorragenden Rolle, die sie in der Untersuchung enger Doppelsterne und vielleicht sogar der Sternparallaxen zu spielen berufen sind, wird die Anzahl der mit ihrer Hilfe direkt meßbaren Sterndurchmesser vermutlich immer eine sehr beschränkte bleiben, da die meisten Sterne, auch wenn sie die Sonne an Größe um das Vielfache übersteigen, wegen ihrer enormen Entfernungen doch verschwindend kleine Winkeldurchmesser aufweisen. Es ist daher kaum anzunehmen, daß uns diese Methoden in absehbarer Zeit das zum Verständnis der Struktur der Sternwelt unerläßliche, die Dimensionen der Sterne betreffende statistische Material zu liefern imstande sein werden. In dieser Frage geht es also den Astronomen genau ebenso wie in den meisten anderen Fragen der Stellarastronomie und namentlich bei der Bestimmung der Entfernungen der Sterne: wegen der überwältigenden räumlichen Ausdehnung des zu untersuchenden Systems versagen die direkten Messungsmethoden, sobald man den Versuch macht, etwas tiefer in den unermesslichen Raum einzudringen, und man sieht sich gezwungen, zwecks Beschaffung des zur Lösung der großen Probleme notwendigen Tatsachenmaterials zu allerlei indirekten Methoden zu greifen, deren Anwendungsbereich ein viel ausgedehnterer ist, die aber erst durch Eichung an den durch die direkten Methoden gelieferten Resultaten ihre volle Berechtigung erlangen. Nun lassen sich auch die scheinbaren Sterndurchmesser auf indirektem Wege, aus den scheinbaren Helligkeiten der Sterne, erschließen, sobald man be-

¹⁾ Beim Durchgange durch den Spat entsteht allerdings auch noch ein weiterer Gangunterschied zwischen beiden Wellen, der durch eingeschaltete Glasplatten kompensiert werden muß.

stimmte Annahmen über die Beschaffenheit der von den Sternen verschiedener Spektraltypen emittierten Strahlungen macht. Daß solche Annahmen unumgänglich sind, erhellt aus folgender Überlegung. Wenn alle Sterne am Himmel demselben Spektraltypus wie die Sonne (G-Typus) angehörten, würden wir zu der Annahme berechtigt sein, daß ihr physikalischer Zustand und daher auch die Leuchtkraft ihrer Oberflächen dieselben sind. Dann würde die scheinbare Helligkeit (oder, was auf dasselbe hinauskommt, die photometrische Größe) eines Sterns nur von seinem absoluten Durchmesser R und seiner Entfernung Δ abhängen, und da sie dem Quadrat des ersteren direkt, dem Quadrat der letzteren umgekehrt proportional sein müßte, so würden die scheinbaren Helligkeiten der Sonne und eines Sterns im selben Verhältnis zueinander stehen, wie die Quadrate ihrer Winkeldurchmesser.

$q'' = \frac{R}{\Delta}$. Der in Sekunden gemessene Winkeldurchmesser q'' eines Sternes der photometrischen Größenklasse m würde sich dann einfach nach der Formel

$$\left(\frac{q''}{q''_{\odot}}\right)^2 = 10^{-0.4(m-m_{\odot})}$$

berechnen lassen, wo q''_{\odot} den ebenfalls in Sekunden ausgedrückten bekannten Winkeldurchmesser der Sonne, m_{\odot} die (ebenfalls bekannte) scheinbare Helligkeit der Sonne in Größenklassen bedeuten. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse viel komplizierter, da die Sterne bekanntlich sehr verschieden geartete Spektra zeigen, die auf große Temperaturdifferenzen und in Verbindung damit stark abweichende Strahlungsintensitäten in den verschiedenen Wellenlängen schließen lassen. Um diese Einflüsse berücksichtigen zu können, braucht man nun gerade einen theoretischen Ansatz für die Intensität der Strahlung in jeder Wellenlänge bei den verschiedenen Spektraltypen, und die einfachste Annahme, die sich von selbst empfiehlt und auch gewöhnlich gemacht wird, besteht darin, daß die Sterne wie *schwarze Körper* strahlen, d. h. daß ihre Strahlungsintensität in jeder Wellenlänge durch die Wiensche oder Plancksche Formel als Funktion eines einzigen von Stern zu Stern veränderlichen Parameters, nämlich der absoluten Temperatur, dargestellt werden kann. Dann muß die obere Formel durch einen Faktor ergänzt werden, der im wesentlichen nichts anderes ist als das Verhältnis der für das bei der Bestimmung der photometrischen Größenklassen benutzte spektrale Lichtintervall (optische oder photographische Messungen) auf Grund der Strahlungsformel für die beiden Temperaturen T , des Sternes, und T_{\odot} , der Sonne, berechneten Leuchtkräfte der Oberflächenelemente von Stern und Sonne, so daß die Formel nun die Gestalt annimmt:

$$\left(\frac{q''}{q''_{\odot}}\right)^2 = F(T, T_{\odot}) 10^{-0.4(m-m_{\odot})}$$

wo F nur von den universellen Konstanten der Strahlungsformel und den Temperaturen T und T_{\odot} abhängt und sich genau ausrechnen läßt, sobald letztere bekannt sind. Die ganze Aufgabe reduziert sich somit auf die Bestimmung von Sterntemperaturen, für die es bekanntlich mehrere Methoden gibt. Die zuverlässigste dieser Methoden, die auch zugleich eine Kontrolle der Richtigkeit der Annahme, daß die Sterne schwarze Strahler sind, liefert, besteht in der Ausphotometrierung der Spektra und dem Vergleich der so erhaltenen Intensitätskurve mit der theoretischen, durch die Plancksche Formel gegebenen Kurve. Diese Methode, welche man die *Spektral-photometrische* zu nennen pflegt, ist in Potsdam von den Herren *Wilsing* und *Scheiner* mit Erfolg auf über 100 Sterne angewandt worden, wobei sich auch eine sehr befriedigende Übereinstimmung der Intensitätskurven der Sternspektra mit denjenigen schwarzer Strahler verschiedener Temperaturen ergab, da jedoch die Messungen ziemlich schwierig und zeitraubend sind, ist diese Methode für die Massen-anwendung wenig geeignet. In den letzten Jahren hat aber Professor *Wilsing* eine andere Methode entwickelt, die er die *kolorimetrische* nennt, und die wohl berufen erscheint, unsere Kenntnisse der Sterntemperaturen und damit auch der Winkeldurchmesser der Sterne in hohem Maße zu bereichern. Das in der vor kurzem erschienenen Nr. 76 des 24. Bandes der Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam ausführlich beschriebene Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß das Licht des zu untersuchenden Sterns, durch geeignete optische Vorrichtungen, unter Wahrung seines Charakters als schwarze Strahlung, in eine Strahlung niedrigerer Temperatur verwandelt wird, die dann mit der Strahlung eines von einer elektrischen Glühlampe (also auch einem schwarzen Strahler) erzeugten künstlichen Sterns eines Zöllnerschen Photometers, nach Intensität und Farbe zur Übereinstimmung gebracht wird. Diese Verwandlung einer schwarzen Strahlung sehr hoher Temperatur (5000°—25 000°) in eine ebensolche, die der Temperatur einer Glühlampe (etwa 2000°) entspricht, wird durch eine geschickte Ausnützung der analytischen Ähnlichkeit der Intensitätskurve des schwarzen Strahlers mit den Absorptionskurven einiger Körper erreicht. Bekanntlich ist die Strahlungsintensität eines schwarzen Körpers der Temperatur T , als Funktion der Wellenlänge, in erster Annäherung durch die Wiensche Formel:

$$c_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} \dots \dots \dots (5)$$

gegeben. Nun lassen sich aber selektiv reflektierende Spiegel und selektiv absorbierende Glasarten herstellen, bei denen die Abhängigkeit des Reflexions- bzw. Transmissionskoeffizienten von der Lichtart durch Ausdrücke von der Form $a e^{-b/\lambda}$, $e^{-d(\beta_0 + \frac{\beta_1}{\lambda})}$ mit großer Genauigkeit ausgedrückt werden können, wo a , b , β_0 , β_1 , für die Sub-

stanzen charakteristische Konstanten sind, während d die Länge des in der absorbierenden Substanz zurückgelegten Weges bedeutet. Nach einer Anzahl n von Reflexionen an solchen Spiegeln oder nach dem Durchgange durch eine Schicht der Dicke d eines derartigen Mediums wird also die ursprünglich durch die Formel (5) ausgedrückte spektrale Intensitätsverteilung der Sternstrahlung durch die Formeln:

$$a c_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{1}{\lambda} \left(\frac{c^2}{T} + nb \right)} \quad \text{bzw.} \quad c_1 e^{-d\beta_0} \lambda^{-5} e^{-\frac{1}{\lambda} \left(\frac{c^2}{T} + d\beta_1 \right)}$$

gegeben, d. h. wieder durch Wiensche Strahlungsformeln, die aber niedrigeren, durch die Beziehungen:

$$\frac{c^2}{T} + nb = \frac{1}{T_1}; \quad \frac{c^2}{T} + d\beta_1 = \frac{1}{T_2}$$

bestimmten Temperaturen T_1, T_2 entsprechen¹⁾. Indem man die Anzahl der Reflexionen oder die Dicke der absorbierenden Schicht variiert, läßt sich die Sternstrahlung in streng meßbarer Weise in die Strahlung der Glühlampe überführen, was durch das Gleichwerden der Farben des natürlichen und des künstlichen Sternes zum Ausdruck kommt und sehr scharf beurteilt werden kann. In seiner endgültigen Form bestand der von Prof. Wilsing benutzte Apparat aus einem Kometensucherobjektiv von 12 cm Öffnung und 110 cm Brennweite, einem selektiv absorbierenden Glaskeile (*Schott*, Jena, F. 4512), durch dessen Verschiebung die Dicke der absorbierenden Schicht verändert wurde, und einem Zöllnerschen Photometer. Die Stromstärke in der den künstlichen Stern erzeugenden Photometerlampe wurde während der Beobachtungen konstant gehalten, und die Messung bestand darin, daß die den Keil bewegendende Schraube und der Intensitätskreis des Photometers gleichzeitig gedreht wurden, bis völlige Gleichheit der Farbe und der Helligkeit beider Sternbilder erreicht war. Bei der Berechnung der Sterntemperaturen aus diesen Beobachtungen war eine genaue Kenntnis der Temperatur des Lampenfadens nicht erforderlich, weil diese durch Anschluß an Sterne bereits bekannter Temperatur ausgeschaltet werden konnte. Mit diesem einfachen und handlichen Apparate ließen sich nun die Temperaturen, und daraus, in Verbindung mit den scheinbaren Helligkeiten, die Winkeldurchmesser der Sterne bis zur Größe $4,5$ in müheloser Weise bestimmen, und es ist sofort klar, daß für die Beschaffung des bei statistischen Untersuchungen unentbehrlichen Massenmaterials diese Methode der Methode der direkten Messung von Sterndurchmessern mit Hilfe von Interferenzerscheinungen bedeutend überlegen ist. Allerdings nur in dem Falle, wenn die ihr zugrunde-

liegende Annahme, daß die Sterne wie schwarze Körper strahlen, mit genügender Annäherung der Wirklichkeit entspricht. Trotzdem die Richtigkeit dieser Annahme durch Untersuchung der Intensitätsverteilung im Sonnenspektrum und in den Spektren vieler Sterne bestätigt zu sein scheint, wäre es wohl möglich, daß eine etwaige doch vorhandene Abweichung der Sternstrahlung von dem Planckschen Strahlungsgesetz auf die errechneten Sterndurchmesser einen beträchtlichen Einfluß haben könnte, und gerade in diesem Zusammenhange gewinnt das auf Mount Wilson für α Orionis erhaltene Resultat eine ganz besondere Bedeutung, da es einen unmittelbaren Vergleich der aus der Wilsingschen Methode hervorgehenden Werte mit einem direkt, ohne jede hypothetische Voraussetzung erhaltenen gestattet. In der a. a. O. von Prof. Wilsing veröffentlichten Liste von 104 Sternen, deren lineare Durchmesser er auf Grund seiner Beobachtungen und der vorliegenden Parallaxen berechnet hat, ist nämlich auch α Orionis enthalten, und zwar ist der Durchmesser dieses Sterns gleich $141,3$ Sonnendurchmessern angegeben. Dieser Wert scheint zunächst von dem von Pease und Anderson gefundenen ziemlich stark abzuweichen, jedoch ist diese Abweichung ausschließlich auf die Verschiedenheit der benutzten Parallaxen zurückzuführen ($\pi = 0'',030$ bei Wilsing, $\pi = 0'',018$ bei Pease). Berechnet man aber aus den Wilsingschen Daten den Winkeldurchmesser des Sterns (den einzigen Wert, den seine Methode sowie die Michelsonsche unmittelbar liefert), so tritt eine im höchsten Grade erfreuliche Übereinstimmung zutage, indem man den Wert $0,039$ gegenüber dem von den amerikanischen Astronomen gefundenen Werte $0,045$ erhält. Somit ist die Berechtigung der der Wilsingschen Methode zugrunde liegenden Annahme und die Zuverlässigkeit der mit ihrer Hilfe erhaltenen Resultate gleich bei der ersten Prüfung schlagend bewiesen. Man darf gespannt sein, ob auch in weiteren Fällen die Übereinstimmung eine ebenso gute bleiben wird, und ob sich nicht, wenn eine genügende Anzahl von direkt gemessenen Sterndurchmessern vorliegt, irgendwelche systematischen Unterschiede zwischen den nach der direkten und den nach der indirekten Methode erhaltenen Werten zeigen werden, die auf eine Abweichung der Sternstrahlung von der schwarzen Strahlung, namentlich bei den Sternen später Spektraltypen schließen lassen werden. Jedenfalls kann jetzt schon mit Sicherheit behauptet werden, daß wir in der Vereinigung beider in den obigen Zeilen besprochenen Methoden ein wirksames neues Mittel zur Erforschung der Sternwelt besitzen, welchem wir wohl schon in der nächsten Zukunft eine ganz beträchtliche Erweiterung unserer Kenntnisse auf diesem Gebiete zu verdanken haben werden.

¹⁾ Der Einfluß des Planckschen Zusatzfaktors zur Wienschen Formel sowie der Einfluß der atmosphärischen Absorption bei einer gegebenen Zenithdistanz

lassen sich durch ähnliche Faktoren der Form $e^{-\gamma_0 + \frac{\gamma}{\lambda}}$ berücksichtigen, so daß sie an der theoretischen Überlegung nichts ändern.

Die bevorstehende internationale Astronomentagung in Potsdam.

Von Otto Birck, Berlin-Potsdam.

Die „Astronomische Gesellschaft“ wird am 24. bis 26. August 1921 in Potsdam ihre 25. Mitgliederversammlung abhalten. Den Mitteilungen über die bevorstehende Tagung seien ein paar Angaben über die Vorgeschichte¹⁾ dieser Körperschaft vorangeschickt, da — abgesehen von der bekannten „Vierteljahrsschrift“ der Astronomischen Gesellschaft — die in ihr zentralisierte Arbeit für viele Außenstehende noch ein Buch mit sieben Siegeln ist.

Die „Astronomische Gesellschaft“ wurde 1863 in Heidelberg gegründet zu dem Zweck, die Spezialarbeit der einzelnen Berufsastronomen soweit wie möglich durch internationale Zusammenfassung, Vereinheitlichung und Arbeitsteilung zu erleichtern. Dieser *internationale Charakter* tritt zutage in ihrem Mitgliederbestande — zurzeit sind von den rund 400 Mitgliedern etwa die Hälfte Nichtdeutsche — und noch mehr in ihrem Hauptunternehmen, dem gedruckten „*A.-G.-Katalog*“ von fast 200 000 Fixsternen, an deren Koordinatenmessung die Sternwarten in Albany (New York), Algier, Berlin, Bonn, Cambridge (England), Cambridge (Amerika), Gotha, Helsingfors, Kasan, Leiden, Leipzig, Lund, Nikolajew, Straßburg i. E., Washington und Wien-Ottakring jahrelang mit ihren vorzüglichen Meridiankreisen nach einheitlichem Plane zusammenwirkten. Diese in 19 Quartbänden katalogisierten Sterne dienen gegenwärtig als Orientierungsmarken an der Himmelskugel in ähnlicher Weise, wie etwa die Dreieckspunkte einer Landestriangulation als Orientierungsmarken bei Messungen auf der Erde dienen. Sie bilden das gleichsam autoritative Koordinatengerüst, an welches man die Orte der tausend kleinen beweglichen Gestirne (Kometen und Planeten) interpolatorisch anschließt, um darauf die *Bahnbestimmung dieser beweglichen Gestirne* zu gründen. Die eigentliche Zweckbestimmung des A.-G.-Katalogs weist aber in ferne Zukunft. Nach vielleicht hundert Jahren wird man alle diese Sterne neu messen, um ihre Eigenbewegung am Himmel zu erkennen und aus ihnen neue Aufschlüsse über *Sternströme*, über die *eigene Bewegung des Sonnensystems im Raume* und über die Zahlenwerte der *astronomischen Fundamentalkonstanten* (Präzession usw.) zu gewinnen. Gegenüber dem heutigen Stande unseres Wissens wird der Fortschritt alsdann in der größeren Genauigkeit der Unterlagen sowie in ihrer Ausdehnung auf schwächere Sterne bis zur neunten Größe liegen; das fundamentale Ko-

ordinatengerüst wird dann sozusagen in größeren Tiefen des Weltenraums, als heute, verankert sein.

Nächst dem seien noch zwei von der Astronomischen Gesellschaft unterstützte bibliographische Nachschlagewerke erwähnt: der von W. F. Wislicenus begründete „*Astronomische Jahresbericht*“, eine seit 1899 in Jahresbänden erscheinende Bibliographie der astronomischen Fachliteratur aller Länder, und das von G. Müller in Potsdam und E. Hartwig in Bamberg herausgegebene, jetzt so gut wie vollendete Werk: „*Geschichte und Literatur des Lichtwechsels der . . . veränderlichen Sterne*“, das 1687 als sicher veränderlich anerkannte Fixsterne umfaßt und unser gegenwärtiges Wissen über den Lichtwechsel jedes einzelnen durch erschöpfende bibliographische Angaben festlegt.

Anziehender, als diese trockenen Sammelwerke, von deren unendlichem Fleiß sich schwer ein richtiges Bild gewinnen läßt, erscheinen dem Außenstehenden vielleicht die Herbstversammlungen der Astronomischen Gesellschaft mit ihren wissenschaftlichen Vorträgen und Diskussionen. Bis zum Kriege fanden die Versammlungen alle zwei oder drei Jahre statt, und zwar bis jetzt zehnmal im benachbarten Auslande, sonst in Deutschland, zuletzt 1913 in Hamburg. An die Hamburger Tagung schloß sich 1913 ein Abstecher nach Potsdam, zur Besichtigung des Astrophysikalischen Observatoriums. In Potsdam sollen nun auch die durch den Krieg zerrissenen Fäden wieder neu geknüpft werden. Die wissenschaftlichen Sitzungen sollen im Potsdamer Stadtschloß im neuen Stadtverordneten-Sitzungssaale stattfinden und auch Nichtmitgliedern zugänglich gemacht werden, soweit der beschränkte Raum es gestattet. Die Vorträge sollen alsdann in der Hauptsache in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft veröffentlicht werden.

Außer einem geschäftlichen Teil, in dem der Vorstand unter anderem die Zulassung von Frauen zur Mitgliedschaft vorschlagen wird, sind bereits jetzt (Mitte Juli) zahlreiche wissenschaftliche Vorträge angemeldet. Der gegenwärtige Vorsitzende der Gesellschaft, E. Stroemgren aus Kopenhagen, will über die *internationalen astronomischen Beziehungen während des Weltkrieges* sprechen. Stroemgrens aufopfernder Tätigkeit als Mittelsperson ist es in erster Linie zu verdanken, daß während des ganzen Krieges auch zwischen den Astronomen der kriegführenden Länder ein ständiger Austausch der Forschungsergebnisse möglich war. Ferner will E. Stroemgren über *neue, auf der Sternwarte in Kopenhagen erhaltene Resultate im „problème restreint“* berichten. Das von H. Poincaré formulierte „problème restreint“ der Himmelsmechanik lautet bekanntlich so:

„Zwei Massenpunkte m_1 und m_2 mögen in einer Ebene Kreisbahnen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt beschreiben. Welche Bahn be-

¹⁾ Nach einem Vortrag des langjährigen hochverdienten Vorsitzenden H. v. Seeliger, abgedruckt in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft, 48. Jahrgang (1913), Seite 175—178.

schreibt unter ihrer Newtonschen Anziehung in derselben Ebene ein dritter Massenpunkt von verschwindend kleiner Masse? Natürlich hängt die Bahn des dritten Massenpunktes von seinen Anfangsbedingungen ab sowie von dem Massenverhältnis $m_1 : m_2$. Stroemgren hat nun nach Methoden der mechanischen Quadratur für den Fall eines bestimmten Massenverhältnisses $m_1 : m_2$ alle möglichen Bahnkurven zu ermitteln unternommen.

Ein anderes berühmtes Problem der Himmelsmechanik, nämlich die *Stabilität des Planetensystems*, wird A. Wilkens aus Breslau mit seinem Vortrag „Zur Frage der Unveränderlichkeit der großen Achsen“ berühren.

E. Freundlich aus Potsdam will über den heutigen Stand der Erforschung der *Rotverschiebung der Spektrallinien auf der Sonne und den Sternen* sprechen. Nach seinen Entwürfen wird zurzeit auf Kosten der „Einsteinpende“ im Gelände des Potsdamer Observatoriums ein Turmspektrograph errichtet, der dieser Erforschung dienen soll. Auf diesem Wege soll bekanntlich die Gültigkeit der Einsteinschen Relativitätstheorie geprüft werden.

Ein gleichsam in der Luft liegendes, in der Literatur aber bis jetzt noch nicht behandeltes Thema kündigt H. von Zeipel aus Upsala an: *Die Bestimmung der Massen der Sterne durch ihre Verteilung in den Sternhaufen*. Vermutlich wird es sich um eine Anwendung der Potentialtheorie auf die an kugelförmigen Sternhaufen erhaltenen Abzählungsergebnisse handeln.

J. G. Hagen S. J. aus Rom will über „*dunkle kosmische Wolken*“ sprechen, auf deren Vorhandensein er aus Helligkeitsunterschieden des nächtlichen Himmelshintergrundes schließt.

J. Kienle aus München wird den gegenwärtigen Stand der *Parallaxenforschung* zur Sprache bringen.

K. F. Bottlinger aus Neubabelsberg kündigt „*Farbenindexbestimmungen mit der lichtelektrischen Zelle*“ an. Die Untersuchungen beruhen darauf, daß die bei Vorschalten verschiedenfarbiger Lichtfilter gemessenen Helligkeitswerte eines Fixsterns miteinander verglichen werden. Ferner wird die *Abhängigkeit der Farbe eines Sterns von seinem Spektraltypus und von seiner absoluten Helligkeit* untersucht.

A. Kühl aus München wird über „*Wesen und Veränderlichkeit der Konturen optischer Bilder*“ sprechen. Das Thema scheint auch die physiologische Optik zu streifen.

A. Marcuse aus Charlottenburg wird über ein technisch-astronomisches Problem vortragen: über die „*Ausnutzung der Sonnenenergie für Kraftzwecke*“ (Bisherige Versuche und ihre Mängel. Neuer Sonnenkraft-Akkumulator. Technische Einrichtung. Rentabilität und wirtschaftliche Bedeutung).

Vermutlich werden auf der Tagung der Astronomen auch noch andere, oben nicht genannte Tagesfragen zur Erörterung kommen, z. B. die

Michelsonsche Methode, die *Durchmesser von Sternen und den Abstand von Doppelsternen durch Beobachten von Interferenzstreifen zu messen*, ferner die Frage nach dem *inneren Aufbau der Sonne und der Sterne*. Jedenfalls wird sich auf der Tagung in Potsdam die *tiefgreifende Umwandlung* widerspiegeln, die sich in der Astronomie seit ihrer *Durchdringung mit neuen physikalischen Gedanken* vollzogen hat: das zeitweilige Zurücktreten der breitangelegten Katalogunternehmungen zugunsten stürmischer Vorstöße in bisher für unzugänglich gehaltene Regionen.

Experimentelle Untersuchungen über Nahrungsaufnahme, Regeneration und Fortpflanzung von Hydren¹⁾.

Von W. Goetsch, München.

Die Hydrarien oder Süßwasserpolypen gehören mit zu den primitivsten vielzelligen Tieren, die wir kennen, und sind deshalb ein bevorzugtes Untersuchungsobjekt. Die Gattung Hydra selbst kommt in den heimischen Gewässern in einer grünen (*H. viridis*), grauen (*H. grisea*) und braunen (*H. fusca*) Spezies vor, Arten, die außer der nicht gerade sehr bezeichnenden Farbe auch in anderer Weise gut charakterisiert sind. Die letzte Art ist von Brauer und anderen Autoren in mehrere Spezies geteilt worden, doch interessieren die einzelnen Artmerkmale uns hier weniger, da das, was Gegenstand der Untersuchung ist, bei allen in annähernd gleicher Weise sich beobachten läßt.

Alle Hydren bestehen in der Hauptsache aus zwei Schichten, dem äußeren Ektoderm mit Nesselorganen und dem innern, als Magen und Darm funktionierenden Entoderm. Beide Schichten sind getrennt durch die Stützlamelle, an der nach außen und innen sich Muskelzellen ansetzen. Ein Schnitt zeigt neben den Zellen dieser beiden Schichten dann noch die Elemente, die hier für uns von Wichtigkeit sind, die zwischen den Ektodermzellen befindlichen sogen. interstitiellen Zellen. Diese Zellen sind nach neueren Untersuchungen von Nußbaum, Hadzi und anderen äußerst wichtig, da sie die Grundlage jeder Art von Neubildung darstellen. So werden z. B. von ihnen aus die Nesselzellen ersetzt, die bei der Nahrungsaufnahme und beim Fang der Beute eine große Rolle spielen. Diesen Erscheinungen wollen wir hier zunächst einige Worte widmen.

Die äußeren Vorgänge, die zur Bewältigung der Beutetiere führen, sind ungefähr folgende: Berührt ein kleiner Krebs im Vorbeischwimmen die ausgestreckten Tentakel einer Hydra, so bleibt er meist sofort bewegungslos daran haften. Nach einiger Zeit löst sich jedoch die Starrheit wieder, und das Tier zappelt lebhaft herum, von dem einen Fangarm festgehalten. Dabei kommt

¹⁾ Vortrag, gehalten in der Gesellschaft für Morphologie in München am 15. Februar 1921.

es dann in neue Berührung mit anderen Tentakeln, und der Vorgang wiederholt sich so oft, bis das ganze Beutetier gelähmt ist. Nun beginnt die Hydra den Mund zu öffnen und sich nach und nach völlig über das Beutetier hinüber zu stülpen, „wie ein automatischer Strumpf“. Die Reize, die zu solchen Reaktionen einleiten, sind meist chemischer Art. Man kann sie leicht dokumentieren — und ich habe es oft bei Vorlesungen getan —, wenn man eine hungrige Hydra mit einem Glasstab reizt. Ist der Stab sorgfältig gereinigt, so erfolgt nicht die geringste Reaktion. Haften aber irgendwelche organische Teile daran, so tritt die erste Reaktion ein, die zur Überwältigung der Beute dient: Die Nesselkapseln werden ausgestoßen und mittels eines klebrigen Sekrets haftet der Fangarm am Glasstab fest.

Auch die übrigen zur Bewältigung der Beute dienenden Vorgänge werden in der Hauptsache durch chemische Beeinflussungen verursacht, zu denen dann aber auch taktile Reize treten müssen. Ich habe diese Verhältnisse bei Gelegenheit meiner Versuche wiederholt prüfen können und besonders in Fällen, in denen die Nahrungsaufnahme nicht normal vor sich gehen konnte, die Teilreaktionen besonders gut ablaufen sehen.

Um den Tieren, mit denen ich experimentierte, beim Fangen und Überwältigen der Beute zu helfen, gab ich ihnen manchmal getötete Daphnien, die beim Ergreifen mit der Pinzette natürlich dann häufig stark zerquetscht waren. In solchen Fällen benahmen sich nun die Tiere oftmals nicht wie sonst, sondern sie schlugen vielmehr die Tentakel zurück, öffneten den Mund weit und schoben nach und nach beträchtliche Teile des Mageninhalts nach außen vor. Die Folge dieses Verhaltens war dann eine förmliche Umstülpung.

Die Ursache dieses Verhaltens liegt wahrscheinlich in den diffundierten Teilen der zerquetschten Daphnie. Die organischen Stoffe, die die ganze Umgebung schwängern, üben einen starken Reiz aus, der sofort das zweite Stadium der Freßreaktion hervorruft — das Zurückschlagen der Tentakeln und die Öffnung des Mundes. Daß die Öffnung schließlich so weit geht und eine Umstülpung hervorruft, glaube ich dem Fehlen von taktilen Reizen zuschreiben zu müssen. Die Hydra findet mit ihrem Mundrand bei dem diffusen Material keine Anhaltspunkte, die dem Öffnen eine Grenze setzen; sie schiebt immer mehr Magenzellen vor und so kommt es dann zu einer Umstülpung.

Zu diesen Schlüssen mußte ich um so mehr kommen, als auch andere organische Stoffe solche Reaktionen hervorrufen. Jennings gibt an, daß Hydren in Bouillon und anderen Nährlösungen den Mund gewaltig öffnen, und ich selbst habe mit einem Tropfen flüssigen Hühnereiweiß dieselben Erfolge erzielt, wie mit zerdrückten Daphnien.

Aus diesen Beobachtungen und einer Anzahl anderer Erfahrungstatsachen glaube ich nun auch die treibenden Momente jeder Nahrungsaufnahme gefunden zu haben. Sie liegt wesentlich daran, daß den durch chemische Substanzen gereizten Entodermzellen eine gewisse Aktivität zukommt, die sie rein tropistisch der Nahrung entgegenwandern lassen, wie Protozoen, denen sie in Form und Verhalten gleichen. In der Form insofern, als sie Geißeln und Pseudopodien tragen; und im Verhalten dadurch, daß bei ihnen amöboide Bewegungen vorkommen, und dadurch auch feste Partikelchen aufgenommen werden können, um im Innern dann intrazellulär verdaut zu werden.

Obwohl ich genauere Analysen der Verdauungstätigkeit noch nicht unternommen habe, glaube ich doch mit Clauß, Hadzi und anderen Beobachtern eine solche intrazelluläre Verdauung annehmen zu können. Daß daneben noch andere die Assimilation fördernde und unterstützende Vorgänge zu finden sind, bestreite ich damit keinesfalls. Ich halte eine Abscheidung von Verdauungssäften sogar für sicher; denn erstens werden die aufgenommenen Nahrungstiere sehr schnell mazeriert und ausgelaugt, nachdem die Hydren sich auch bei kleinen Beutestücken stark aufgebläht haben. Zweitens gerinnt flüssiges Eiweiß sofort, wenn es mit dem Entoderm in Berührung kommt. Endlich glaube ich auf eine Sekretion der Magenzellen noch aus den Beobachtungen an den umgestülpten Tieren schließen zu können. Manche dieser Hydren waren nämlich stark mit Polypenläusen (Kerone) besetzt; diese Protozoen laufen wie wirkliche Insekten auf allen Teilen ihrer Wirte herum und gehen auch auf die ergriffene Beute über. Die umgestülpten Teile betreten sie jedoch niemals; sie wichen vielmehr sofort zurück, sowie sie mit derartigen Teilen in Berührung kamen, und stauten an solchen Stellen sich wie an einem Wall auf, ein Zeichen dafür, daß hier ein Medium anderer chemischer Zusammensetzung vorhanden war, das auf sie schädigend wirkte.

In Verbindung mit den ersten Beobachtungen läßt sich daraus wohl ohne weiteres der Schluß ziehen, daß eine besondere die Auflösung der Nahrungsteile hervorruftende Sekretion bei den Entodermzellen vorhanden ist, die eine Verdauung zum mindesten befördert.

Sehr stark kann diese chemische Wirkung indes nicht sein, denn Hydren selbst, die in den Magenraum anderer geraten, werden dadurch nicht geschädigt. Es kommt manchmal vor und läßt sich experimentell leicht bewerkstelligen, daß bei dem Fang ein und desselben Beutetieres die kleinere Hydra in das Innere der größeren mit aufgenommen wird. Sie kann dann ruhig eine Zeitlang darin bleiben. Kommt sie dann wieder ans Tageslicht, so ist sie nicht im geringsten geschädigt. Eine Hydra wirkt auf eine andere somit nicht als Fremdkörper — wie ja auch niemals

durch gegenseitige Berührung ein Freßreiz ausgelöst wird.

Es ist dies neben der so leichten Möglichkeit, Teilstücke verschiedener Exemplare miteinander zu einem einzigen Tiere zu vereinigen, ein Beweis dafür, daß bei diesen Tieren die Individualität noch nicht so ausgeprägt ist wie bei höheren Geschöpfen. Die einzelnen Zellen sowohl wie ihre Komplexe besitzen noch eine große Selbständigkeit und wirken für sich; sie sind nur insofern aufeinander angewiesen, als sie aneinander angepaßt sind und ohne dies Milieu, auf das sie eingestellt sind, nicht auf die Dauer existenzfähig sein können.

Für diese Selbständigkeit der Teile eines Hydrozoenkörpers bieten die Fortpflanzungsverhältnisse, denen wir uns zuwenden wollen, noch bessere Beispiele.

Bei Hydren können wir bekanntlich zwei Arten von Fortpflanzung beobachten, eine ungeschlechtliche durch Teilungen und Knospen, sowie eine geschlechtliche mittels Ei und Sperma, denen die Bildung von Ovarien und Hoden vorausgeht. Die Hoden nehmen ihre Entstehung aus den interstitiellen Zellen. Diese Reservematerialien für alle Arten der Entstehung machen dabei allerlei Veränderungen durch, deren Endprodukt dann die zitzenförmigen Hoden sind — nach außen abgeschlossen durch eine dünne Schicht Ektodermzellen und erfüllt von den lebhaft beweglichen Spermatozoen. Die Bildung der Ovarien geht ähnlich vor sich. Wir finden auch dort eine Vermehrung der interstitiellen Zellen, innerhalb derer dann das einzige Ei auftritt. Ist dies geschehen, so werden von ihm nach und nach die Ovarzellen im Innern aufgenommen. Sie machen dabei eine Anzahl Umwandlungen durch und werden zu den sog. Pseudozellen, ganz charakteristischen Reservematerialien, die vom wachsenden Ei verbraucht werden. Die Knospen gehen nach den neuesten Untersuchungen von Hadzi ebenfalls auf die interstitiellen Zellen zurück und sind nicht einfache Ausstülpungen; sie entstehen also auch aus neuem Material, so daß die ungeschlechtliche Fortpflanzung mithin auf die gleichen Elemente zurückgeht wie die geschlechtliche.

Diese normale Fortpflanzungsweise wird nun stark verändert, wenn sie mit regenerativen Vorgängen zusammentrifft. Die Resultate des dadurch einsetzenden Kampfes zwischen Regeneration und Vermehrung sind dann folgendermaßen: Zerschneidet man Hydren mit männlichen Keimdrüsen, so sehen wir nach kurzer Zeit die Hoden schrumpelig werden und allmählich verschwinden. Ihre Elemente werden nämlich, wie Schnitte durch solche Tiere lehren, vom Entoderm aufgenommen und dort assimiliert, und die auf dem Wege der Selbstverdauung gewonnenen Stoffe dienen dann dazu, die Neues schaffenden Zellen mit Nahrung zu versorgen.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Ovarien. Auch diese verschwinden, sofern sie nicht schon zu differenziert sind, vollkommen wieder, manchmal allerdings erst, wenn das unreife Ei ausgestoßen worden ist. Nur ganz große Ovarien, in denen das Ei bereits fast alle Eierstockzellen in sich aufgenommen hat, lassen sich durch eintretende Regeneration nicht mehr aufhalten. Sie nehmen vielmehr alle Materialien für sich in Anspruch und hemmen zum mindesten auf der Seite, auf der sie sich befinden, die Regenerationsprozesse. An den entstehenden Tentakeln ist deutlich der Kampf, der sich hier um die Nahrung abspielt, zu erkennen: je weiter die Fangarme von der Eibildungsstelle entfernt liegen, desto größer sind sie, ein Zeichen dafür, daß das Ei von sich aus alle Nährstoffe an sich heranzieht.

Ist das Ei aber dann einmal abgestoßen, so geht die Tentakelentwicklung sowie alle regenerativen Vorgänge rasch vor sich. Dann stehen aber auch reiche Nahrungsmaterialien zur Verfügung, da nun die Ovarzellen vom Entoderm aufgenommen werden, wobei sie alle die Veränderungen erleiden, die sie sonst bei der Resorption durch das Ei durchzumachen haben. Sie werden zu typischen Pseudozellen umgewandelt, was insofern nicht zu verwundern braucht, als ja auch ihre Funktion in beiden Fällen die gleiche ist. Sie dienen hier wie dort als Neubildungsstoffe für beginnende Entwicklung.

Die Ovarien verhalten sich demnach im allgemeinen ganz wie die Hoden; ihre Elemente werden bis auf die bereits zu sehr spezialisierten Teile eingeschmolzen und das daraus resultierende Material verbraucht.

In jedem Fall wird also das Muttertier wiederhergestellt, sogar auf Kosten der geschlechtlichen Nachkommenschaft. Das Teilstück eines bereits fertig ausgebildeten Individuums hat also das Übergewicht über die Geschlechtsprodukte, die erst auf dem Wege der Befruchtung neue Individuen schaffen können.

Das Umgekehrte tritt dagegen ein, wenn wir knospende Hydren zur Regeneration veranlassen: Dann ist es stets die Knospe, die den Vorrang vor der Regeneration hat. Eine intakte Knospe wird niemals wieder eingeschmolzen, gleichgültig, auf welchem Entwicklungsgrad sie sich befindet. Bei großen Knospen ist dies ja nicht weiter wunderbar, da sie schon eine bestimmte Individualisierung und Differenzierung erfahren haben; aber auch die jüngsten Anlagen der ungeschlechtlichen Fortpflanzungsprodukte scheinen eine bestimmte gerichtete Entwicklungstendenz zu besitzen, die sich erst ausgestalten muß. Vollkommen aus sich selbst heraus kann aber eine Knospe ihre Entwicklung nicht vollenden; sie braucht vielmehr noch ziemlich lange Nahrungszufuhr von seiten der Mutter — und dadurch hemmt sie die etwaige Regeneration derselben, da sie die verfügbaren Stoffe an sich zieht.

Diese Hemmung der Regeneration kann so weit gehen, daß der mütterliche Rest überhaupt nicht wieder gebildet zu werden vermag. So werden z. B. Mittelstücke, denen Kopf- und Fußteil weggenommen wurde, von einer wachsenden Knospe vollkommen eingeschmolzen und verschwinden in ihr meist in einiger Zeit, und Fußpartien ohne obere Hälfte geht es nicht besser.

Bei einer Amputation der Fußteile entwickelt sich zwar auch stets die intakte Knospe weiter und wird niemals in ihrer Weiterbildung gehemmt; es kommt indessen nicht zu derartigen Einschmelzungen wie bei den mittleren und unteren Abschnitten. Das hochdifferenzierte Peristomfeld mit dem Tentakelkranz bleibt meist verschont, während das zwischen Knospe und Wundfläche liegende Teilstück aufgesogen wird. (Fig. 1 a, b, c.)

Hat dann die Knospe eine gewisse Größe erreicht und ist nahe an der Ablösung, so kann auch das Muttertier wieder zur Fußbildung

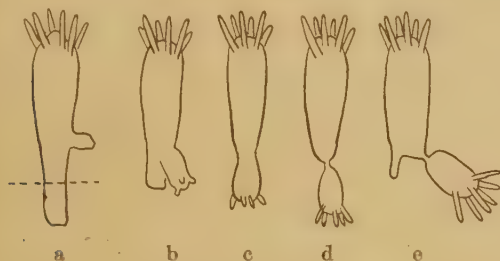


Fig. 1. Oberes Teilstück einer Hydra mit Knospe in Regeneration.

schreiten. Es geschieht dies in der Weise, daß auf der entgegengesetzten Seite von der Knospe ein kleiner Zapfen herabwächst, dessen untere Zellen sich in die drüsigen Anheftungselemente des Fußes umbilden. Wir sehen auch hier, daß die Neubildungsprozesse stets an Stellen stattfinden, die möglichst abseits liegen von Orten, an denen gleichfalls Material gebraucht wird. (Fig. 1 e.)

Bei gleichzeitiger Regeneration und normaler Knospenbildung ist es demnach in allen Fällen die Knospe, die mit ihrer Entwicklung weitergeht; die einmal in Gang gekommene Entwicklungsrichtung wird nicht aufgegeben, sondern weitergeführt, und die Regeneration kommt dadurch erst an zweiter Stelle.

Die Sachlage wird nun sofort etwas anders, wenn wir diese in Gang befindliche Entwicklungsrichtung der Knospe stören — d. h. wenn wir sie selbst zur Regeneration veranlassen, indem wir ihr die äußerste Spitze abschneiden. Dann regeneriert sie nicht sofort die verloren gegangenen Abschnitte, sondern es vollendet zunächst ein jeder Teil die Organe, die normalerweise aus ihm entstanden wären: die abgeschnittene Spitze bildet Tentakel aus, und der am Muttertier verbleibende Rest wird zu einer Fußscheibe ohne oberen Abschnitt. Dieser Restteil kann nun wieder auf dem Umweg einer Umlagerung (Morph-

allaxis) zu einer neuen, kleinen Hydra werden, ebenso wie die zu einer breiten Peristomscheibe ausgebildeten abgeschnittenen Knospenspitzen durch Streckung, Einschmelzung der für ein so kleines Stück unnormalen Tentakelzahl u. a. Prozesse sich schließlich zu einem wohlproportionierten Tier umgestalten.

Eine solche Ausbildung wird jedoch unterdrückt, wenn die am Muttertier verbleibenden Reste zu materialarm sind; sie sind dann noch lange Zeit als kleine Knöpfe dort zu finden, und man kann diese Erscheinung gut dazu benutzen, um ein bestimmtes Exemplar einer Hydra immer wieder richtig wiederzuerkennen. Gehindert wird die Ausbildung zu einem vollkommenen Individuum aber auch dann, wenn von mütterlicher Seite kein Material geliefert werden kann; d. h. wenn auch die alte Hydra sich in Regeneration befindet. Es kommt dann zu einem Kampf um das Material, in welchem die nun gleichfalls in ihrer Entwicklung gehemmte Knospe keine beson-

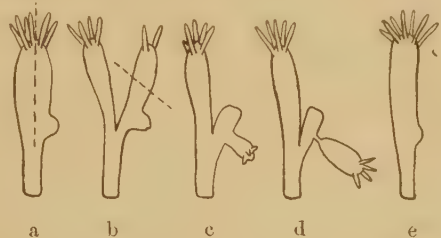


Fig. 2. Gespaltene Hydra mit Knospe in Regeneration.

deren Vorteile mehr besitzt. Es läßt sich in solchen Fällen dann nicht mit Gewißheit sagen, welcher Teil die Oberhand bekommt.

Wie sehr überall bei diesen Regenerationsvorgängen die Materialfrage eine Rolle spielt, soll noch ein Beispiel zeigen.

Spaltet man einer Hydra von oben nach unten die Kopfteile längs, so legen sich die beiden Schnittflächen einer jeden Hälfte bald zusammen und bilden so zwei Köpfe (Fig. 2 b). Wird nun gefüttert, so trennen sich beide Teile schließlich vollständig. Sie nähern sich dagegen wieder einander und verschmelzen schließlich, wenn für Nahrungsmangel gesorgt wird. Durch Füttern und Versagen von Beutetieren habe ich auf diese Weise einmal eine zweiköpfige Hydra mehrere Male in dieser oder jener Hinsicht beeinflusst.

Hat eine solche Hydra nun eine Knospe und wird, wie Fig. 2 a zeigt, bis unterhalb der Knospe gespalten, so bleiben die Knospe sowie die Teilstücke zunächst unbeeinflusst, da ja kein Materialmangel eingetreten ist. Schnitt ich dagegen den Kopfteil, der die Knospe trug, ab, so erfolgte keine Regeneration. Vielmehr wurde der Stumpf immer kleiner, je größer die Knospe wuchs — ein Zeichen dafür, daß er aufgezehrt wurde. Aber auch nach der regulär erfolgten Ablösung der Knospe erfolgte keine Regeneration; nur wurde der noch verbleibende Rest von der anderen Kopfhälfte aufgezehrt (Fig. 2 c). Er diente als Nah-

rungsreservoir und verhinderte bei der längeren Hungerperiode Depressions- und Rückbildungsprozesse, die hier wie überall sofort auftraten, wenn solche Nahrungsreservoirs aufgebraucht worden sind.

Wir sehen aus den im Vorhergehenden mitgeteilten Beobachtungen und Erwägungen, eine wie große Rolle das vorhandene oder nicht vorhandene Material spielt. Überall tritt sofort ein Kampf ein, sowie durch irgendwelche Vorgänge der Gleichgewichtszustand und die normale Verteilung der Stoffe gestört ist. Bei der Selbständigkeit der einzelnen Teile eines Hydrakörpers sucht dann jeder Abschnitt für sich ein neues Individuum zu schaffen, und das um so energischer, je größer die Differenzierung schon vorgeschritten und die Entwicklungsrichtung bereits gegeben ist. Allein von sich heraus ist dies jedoch nicht möglich. Hier zeigt es sich dann, daß trotz aller Selbständigkeit doch die einzelnen Teile aufeinander angewiesen sind. Eine Hydra ist eben doch schon mehr als ein loses Zellenbündel, trotzdem bei solchen Kämpfen um die Nährstoffe manchmal ganze individuelle Bildungen eingeschmolzen werden können, um aus dem vorhandenen Material nicht mehrere lebensunfähige Teilprodukte, sondern eine einzige kräftige Einheit zu schaffen. Das geht auch aus den Beobachtungen hervor, denen wir uns zum Schluß noch zuwenden wollen.

Die Tatsache, daß bei einer Unterdrückung der Fortpflanzung alles Reserve- und Neubildungsmaterial der Ausbildung des Individuums zugute kommt, wollte ich dazu verwenden, „unsterbliche“ Hydren zu züchten; d. h. ich versuchte, durch dauernde Regeneration alle interstitiellen Zellen, die das Tier erzeugt, für das Tier selbst in Anspruch nehmen zu lassen.

Es wären also gewissermaßen die Versuche Woodruffs, der Paramäcienkulturen über 5500 Generationen von einem einzigen Tier ohne jede geschlechtliche Vereinigung mit einem anderen Individuum der gleichen Art erzielen konnte, auf die Metazoen, die vielzelligen Tiere, übertragen. Gelangen sie, so wäre auch für die vielzelligen Tiere die persönliche Unsterblichkeit erwiesen.

Allerdings muß die Frage nach der Unsterblichkeit bei Metazoen und Protozoen verschieden gestellt werden. Bei den Protozoen handelt es sich darum, ob wirklich ad infinitum ein Exemplar durch Teilung in zwei vollkommen gleich beanlagte zerfällt, diese wiederum in vier und so fort, ohne daß irgendein Restkörper als Leiche zurückbleibt oder von einem anderen Exemplar der gleichen Art neue lebendige Substanz hinzugefügt wird. Bei den Metazoen kommt zu der aus einer Zelle entstandenen lebendigen Masse, die nur auf dem Wege der Assimilation wächst und sich vermehrt, noch die Einheit der Form. Einzelelemente der den Körper aufbauenden Komplexe können dabei natürlich vollkommen zu-

grunde gehen und tun es auch fortwährend; sie werden aber immer ersetzt, so daß trotz des Wechsels die Form immer im wesentlichen erhalten bleibt.

Es konnte also theoretisch und gedanklich angenommen werden, daß eine Hydra, der man durch Wegnahme bestimmter unwesentlicher Teile in gewissen Zeitabschnitten zu dauernder Regeneration Gelegenheit gab, alle interstitiellen Zellen zum Aufbau und zur Wiederergänzung des Individuums verwendete und keine Nachkommen lieferte.

Zu diesem Zwecke schnitt ich in Versuchen, die z. T. schon jahrelang zurückliegen, verschiedenen grünen und braunen Hydren in 4—8 Tagen immer wieder die untersten Teile ab und fütterte und versorgte die Tiere sonst so gut wie möglich. Der Verlust der Fußplatte ist für die Tiere ziemlich unwesentlich; sie wandeln dann nach kurzer Zeit den nun basal gewordenen Teil in Drüsenzellen um, die der Anheftung dienen, und nach einigen Tagen ist dann der Schaden repariert.

So hielt ich manche Tiere monatelang; sie ergänzten die Verluste, die sie erlitten, durch reichliche Fütterung sehr rasch und blieben so immer in derselben Größe. Eine Fortpflanzung irgendwelcher Art trat nicht ein, während die in genau derselben Art und Weise versorgten Kontrolltiere sich vermehrten.

Wirklich unsterbliche Tiere konnte ich jedoch nicht erzielen; es traten nach einiger Zeit immer Depressionszustände ein. Die Tiere nahmen dann kein Futter mehr an, wurden kleiner und lösten sich auf. Da dies aber immer mehr oder weniger zu derselben Zeit geschah wie bei den Kontrolltieren, so blieb es zweifelhaft, ob die Regeneration wirklich auf die Dauer die Fortpflanzung unterbinden konnte; ein eindeutiges Resultat fehlte.

Das wurde anders, als ich Anfang dieses Semesters die Versuche wieder aufnahm.

Anfang November 1920 wurden nämlich 6 Hydra fusca die untere Partie abgeschnitten, während eine Anzahl Kontrolltiere aus derselben Zucht in der Folgezeit genau so versorgt wurden wie die Versuchstiere.

Diese Kontrolltiere begannen nun bei reichlicher Fütterung in kurzer Zeit sich lebhaft zu vermehren; es kamen bei ihnen Tiere vor, die bis zu 5 Knospen gleichzeitig angesetzt hatten, ein Zeichen dafür, daß es ihnen an nichts fehlte. Den sechs Versuchstieren ging es nicht so gut, obwohl auch sie in ihrem ganzen Aussehen nicht den geringsten Unterschied mit den Kontroll-exemplaren aufzuweisen hatten. Es wurde ihnen eben nur alle 5—8 Tage, sobald die Ausbildung des Fußes der Vollendung zugeing, immer wieder die untere Partie abgeschnitten, und bei dieser Behandlung blieben sie ohne jede Knospenbildung während der nächsten 4 Wochen, während die Hydren der Kontrollgläser zu derselben Zeit allesamt eine reiche Nachkommenschaft lieferten.

Schon schien es, als ob damit nun ein Beweis dafür gefunden sei, daß dauernd erzwungene Regeneration die Fortpflanzung verhindert.

Da hörten plötzlich, ziemlich genau einen Monat nach Beginn der Experimente, die regenerativen Prozesse bei allen Teilstücken nach dem Zerschneiden auf. Während sonst schon nach wenigen Tagen die oberen Hälften erste Anzeichen beginnender Fußentwicklung zeigten und die unteren Abschnitte je nach der Größe ein oder mehrere Tentakel hervorsprossen ließen, unterblieben während der 6 der letzten Operation folgenden Tage alle derartigen Entwicklungserscheinungen. Dagegen fanden sich an vielen der abgeschnittenen Fußstümpfe und bei 5 der 6 Versuchstiere innerhalb dieser Zeit Knospenbildungen, und zwar stets unmittelbar an der Schnittstelle. Bei einem der Tiere, das in Fig. 3 abgebildet ist, waren sogar zwei Knospen zu finden, ohne daß hier sowohl wie bei den übrigen Tieren auch nur die geringsten Anzeichen einer Fußbildung zu erkennen waren.

Bei diesen Tieren, die einer in regster Knospenbildung befindlichen Kolonie entnommen waren, gelang es demnach wohl, einige



Fig. 3. Hydra ohne Regeneration in Knospenbildung.

Wochen lang die ungeschlechtliche Fortpflanzung zu unterdrücken, und das Reservematerial der interstitiellen Zellen allein für das Individuum heranzuziehen. Länger ging es jedoch nicht; die Regeneration unterblieb vielmehr plötzlich bei fast allen Exemplaren und es traten an deren Stelle bei ungefähr 85 % der Tiere Knospen auf — ein Zeichen dafür, daß die ungeschlechtliche Fortpflanzung auf die Dauer nicht von regenerativen Vorgängen unterdrückt werden kann. Die Erzeugung von Nachkommenschaft kommt also vor der Erhaltung des Individuums.

Das, was wir durch die hier wiedergegebenen Untersuchungen gelernt haben, ist natürlich in dem ganzen Fragenkomplex nur ein ganz geringes Teilstück, das aber nicht ohne Interesse ist. Das Problem der Unsterblichkeit einer Hydra ist mit der Feststellung, daß auf die Dauer die Fortpflanzung nicht unterdrückt werden kann, natürlich keineswegs gelöst. Es ist ja mit einer Ablösung von Fortpflanzungsprodukten in diesem Fall keineswegs die Aufgabe des individuellen Lebens verbunden, sondern es wäre denkbar, daß sich stets mit diesem Verlust durch natürliche Assimilation eine Ergänzung vereinigen könnte, und so ein Muttertier ad infinitum immer neue Generationen liefern könnte. Da aber bei Hydra

die folgende Knospe immer etwas höher sitzt als die vorhergehende und nach ihrer Ablösung den unteren Teil in der Gestalt des materialarmen Stiels zurückläßt, an dem eine Knospe niemals mehr entsteht, ist nach und nach doch ein Ende des mütterlichen Tiers anzunehmen; und länger als zwei Jahre hat sich auch in der Tat noch keine Hydra nachweislich halten lassen.

Für die Art und Weise, wie Weismann, Woodruff u. a. das Unsterblichkeitsproblem stellen, sind die gemachten Feststellungen natürlich erst recht nicht beweisend. Denn bei einer Auffassung käme es ja nicht einmal auf das Individuum an, sondern nur analog wie bei den Paramäcien auf eine Feststellung, ob die aus einer einzigen Zelle entstehenden gleich beanlagten Produkte ohne Hinzutreten neuer, gleichartiger Substanz wirklich keinen physiologischen Tod besitzen. Bei den Hydren müßte demnach untersucht werden, ob in ungeschlechtlicher Fortpflanzung Kulturen dauernd gezüchtet werden könnten, ohne daß Hoden- oder Ovarienbildung aufträte. Das ist nach den Angaben von Hertwig u. a. nicht möglich; vielmehr treten auch da nach einiger Zeit Depressionszustände auf, die nur einige Exemplare überleben lassen. Aus diesen sollen dann die typischen Geschlechtstiere entstehen.

Diese Angaben sind nicht ganz beweisend; denn auch die Paramäcienzuchten der ersten Untersucher gingen an Depressionszuständen zugrunde, bis Woodruff feststellte, daß lediglich die Kulturbedingungen diese Entartungsprozesse hervorriefen.

Ein negativer Befund ist ja nie etwas Endgültiges; vielleicht aber führen fortgesetzte Untersuchungen schließlich doch zu einem eindeutigen positiven Ergebnis, über das ich dann vielleicht später einmal berichten kann.

Besprechungen.

Dofflein, Franz, Mazedonien. Erlebnisse und Beobachtungen eines Naturforschers im Gefolge des deutschen Heeres. Jena, Gustav Fischer, 1921. VIII, 592 S., 279 Abbildungen, 4 farb. und 12 schwarze Tafeln. Preis geh. M. 105,—; geb. M. 120,—.

Ein Erinnerungsbuch, welches „den Mannschaften, Ärzten und Offizieren des mazedonischen Heeres gewidmet“ ist, daher in erster Linie auf Wertung vom Standpunkte dieses Leserkreises Anspruch hat. Es schildert die Erlebnisse einer Forschungskommission, die 1917 und 1918 im Auftrage der Heeresleitung in Mazedonien arbeitete und zu deren Leiter der Verfasser berufen war, und gibt eine zusammenfassende Darstellung des bisher wenig erforschten Landes, seiner Naturschönheit, seiner Bevölkerung und Kultur. Zugleich behandelt es wissenschaftlich die Ausbeute und das Ergebnis der zoologischen, botanischen und geologischen Tätigkeit der Kommission. Das Buch will also viel, und man muß die Fülle des zusammengetragenen Materials bewundern. Durch diese teils künstlerische, teils wissenschaftliche Tendenz, die einer letzten Bindung ermangeln, wird es zum Bastard (oder, nach der auffallenden Schreibweise des Buches: Bastart).

Das Wardartal und sein Frühling (Mai 1917) wird zuerst geschildert, Kaluckova, wo sich längere Zeit das Standquartier der Kommission befand, dann die Ebene von Hudowa mit ihren riesigen Mohnfeldern, die Berggruppen der Plagusa Planina und der Mala Rupa, des Schardakh und der Golezniza Planina, das malerische Veles und die charakteristischen Balkanschluchten, ein Produkt dauernd wirksamer Erosionskräfte. Wir erfahren von den großen Seen des Landes, dem Doiransee, Katlanovosee, Prespasee, Ochridasee. Der Raubbau an einstigen Waldbeständen wird behandelt, die mazedonische, aromunische und albanische Bevölkerung mit ihren Sitten und Gebräuchen, wie sie sich dem Auge des Verfassers darboten, gezeigt. Von kirchlichen Bauwerken werden unter anderen der Kuppelbau des Klosters Neresi und die albulgarischen Kirchen von Ochrida beschrieben, deren Ikonostaten mit zum Teil bedeutenden Fresken aus dem 13.—14. Jahrhundert geschmückt sind. Der Krieg spielt wenig und nur da, wo er der friedlichen Forschungstätigkeit fördernd oder hinderlich war, in das Buch hinein.

Im naturwissenschaftlichen Teil interessiert vor allem das kurze Kapitel „Klima und Seuchen in Mazedonien“ neben dem über die Ameisenlöwen. Hier befindet sich der Verfasser auf ureigenem Gebiet. Im übrigen sind die naturwissenschaftlichen Angaben — offenbar infolge allzu schneller Entstehung des Werkes — derart mit kleinen und größeren Versehen, Verwechslungen und Druckfehlern durchsetzt, daß bei ihrem Gebrauch die Beiziehung von Originalarbeiten empfohlen werden muß.

Es soll hier keine Liste der Corrigenda angegeben, nur einiges und aus einigen zoologischen Gebieten hervorgehoben werden.

Das Hirschgeweih bezeichnet man meines Wissens nach der Gesamtzahl seiner Enden, so daß das auf S. 545 abgebildete Stück nicht als Achter, sondern als Sechzehnder anzusprechen ist. Auf S. 403 befindet sich ein Bild von zwei Ohrenlerchen, unter sich sehr verschieden, die als Männchen und Weibchen angegeben sind, tatsächlich aber ein altes und ein junges Männchen darstellen. Der Unterschied der Geschlechter ist verschwindend klein, der von Jugend- und Altersform dagegen erheblich.

Der auf S. 53 abgebildete und S. 52 und 102 erwähnte Bockkäfer ist *Cerambyx miles*, nicht der wesentlich kleinere *C. scopolii*. Die öfters angeführte Varietät des Rosenkäfers *Cetonia aurata* heißt weder *tunicata* (S. 495, 590) noch *tumida* (S. 538 statt 338), sondern *tunicata* Reitt. Unter anderen falschen Käfernamen seien genannt: *Zonitis bifasciata* Swark. statt des richtigen *Zonitis bifasciata* Swark (S. 513), *Cerambyx coronatus* Kust. statt *Cerambyx carinatus* Küst. (S. 581), *Purpurica badensis* Goetze statt *Purpuricenus budensis* Goetze (S. 581). Die Fliegenart *Rhynchomyia* gehört zur Familie der Musciden, nicht Stratiomyiden (S. 156). *Mnemosyne* (S. 63, 406, 495 usw.) ist keine Schmetterlingsgattung, sondern eine variable Art der Gattung *Parnassius*; *Melanargia larissa* (S. 541) ein Brettspiel, kein Schmetterling, welcher Name die Gattung *Melitaea* bezeichnet. Die Arctiden („Bären“) als tagfliegende Eulen zu bezeichnen (S. 504) geht nicht an, sie haben gar nichts mit Eulen (Noctuiden) zu tun.

Bei den Hymenopteren fielen mir neben anderen Nomenklaturfehlern in dem Abschnitt über die Bienen acht falsche Autorennamen auf. Daß aus der Schmalbiene *Halictus morbillosus* Kriechb. (S. 589) in Ver-

kennung des Autorennamens (Kriechbaumer) eine — Kriechbiene wurde, ist ergötzlich.

Bedauerlich erscheint mir die Willkür in der deutschen Benennung der Tier-, insbesondere Insektenformen. Neben der strengen lateinischen Nomenklatur wäre — im allgemeinen wie auch besonders in einem Buch mit populären Absichten — eine methodische Durchführung deutscher Namengebung doch sehr wünschenswert. Beispiele sind bereits erwähnt.

Unter den Abbildungen von Naturobjekten findet sich manches durch unnatürliche Ausstreckung Verzerrte (Dipteren, Ameisenlöwenlarven usw.). Auf S. 443 und 482 stimmen die Vergrößerungen nicht mit den im Text angegebenen Maßen überein. Was die photographischen Aufnahmen, insbesondere Landschaftsaufnahmen, betrifft, so ist die Mehrzahl von ihnen sehr eindrucksvoll, übermittelt große Anschaulichkeit und bietet ästhetischen Genuß.

Max Dingler, München.

Doflein, Franz, Mazedonische Ameisen. Beobachtungen über ihre Lebensweise. Jena, Gustav Fischer, 1920. 74 S., 10 Abbildungen im Text und 16 Abbildungen auf 8 Tafeln. Preis M. 14,—.

Es wird hier eine Übersicht über die von der mazedonischen Forschungskommission 1917 und 1918 gefundenen Ameisen gegeben, im ganzen 36 Arten und Unterarten. In dem Verzeichnis fehlen die Angaben, welche davon für Mazedonien neu waren. Die Lebensweise zeigt, den veränderten klimatischen Verhältnissen entsprechend, manche auffallenden Unterschiede gegenüber den Gewohnheiten der gleichen, in Deutschland einheimischen Formen. So ist z. B. unsere Rasenameise *Tetramorium caespitum* L. im südlichen Wardartal zur typischen Hausameise geworden. Besonders aber fällt in dem ameyenreichen Mazedonien das Fehlen der uns aus der heimatischen Natur so vertrauten Ameisenhaufen auf, das sich auch als Folge des trockenen und windreichen Klimas zwanglos erklären läßt. Erst in Höhen von 1000—2000 m über dem Meer, im bewaldeten Gebirge, entdeckte D. regelrechte Haufen verschiedener Formicaarten. Der weitest größte Teil der Schrift ist den körnersammelnden Ameisen aus der Gattung *Messor* gewidmet, die in drei Arten nebeneinander gefunden wurde: *M. barbarus meridionalis* Ern. André, *M. oertzeni* For. v. amphigea For. und *M. barbarus structor* Latr. v. *mutica* Nyl. Die Sammelgewohnheit, der unterirdische Nestbau, das Anlegen von Abfallhaufen und Arbeitsstraßen, Hochzeitsflug und Koloniegründung dieser Tiere sowie verschiedene biologische Beobachtungen an ihnen im künstlichen Nest werden beschrieben. Ein weiterer Abschnitt behandelt *Pheidole pallidula* Nyl., die mazedonische Vertreterin der einzigen europäischen Ameisengattung, welche neben ihren Arbeitern eine ausgesprochene Soldatenkaste besitzt.

In einem Schlußkapitel „Bemerkungen zur Biologie und Psychologie der von mir in Mazedonien beobachteten Ameisenarten“ gesteht D. die Notwendigkeit einer Erweiterung des Instinktbegriffes („Plastizität“ Wasmann, Forel) zu, ohne aus den durch die Umstände lückenhaft gebliebenen Beobachtungen definitive Schlüsse zu ziehen.

Max Dingler, München.

Weil, Arthur, Die innere Sekretion. Eine Einführung für Studierende und Ärzte. Berlin, Julius Springer, 1921. IV, 140 S. und 35 Textabbildungen. Preis geh. M. 28,—; geb. M. 36,—.

Die Lehre von der inneren Sekretion verfügt schon über eine Anzahl stattlicher größerer zusammen-

fassender Werke und umfassender Monographien über Teilgebiete. Daneben gibt es eine jetzt schon erdrückende Literatur in Originalarbeiten in den physiologischen, besonders aber in den klinischen Disziplinen. Es ist daher sehr zu begrüßen, wenn uns Weil die innere Sekretion als eine Einführung für Studierende und Ärzte in einem übersichtlichen kleinen Umfange vorführt. Um seine Absicht zu erreichen, hat der Autor den Versuch unternommen, den Anteil der inneren Sekretion an den einzelnen großen Funktionen des Körpers zu schildern. Dieses Prinzip hat den großen Vorteil, daß derjenige, dem es weniger auf das Detail der Einzeltatsachen ankommt, einen guten Einblick erhält, in welchem Umfange sich die innere Sekretion an der funktionellen Ausgestaltung des Organismus beteiligt. Die Auswahl des Materials ist eine zweckmäßige, die typischen Beispiele, die der Autor ausgewählt hat, sind wohl geeignet, das gewünschte Bild der Lehre von der inneren Sekretion zu umreißen. Eine Reihe ausgezeichnete Illustrationen dient zur Erläuterung der mannigfachen körperlichen Umgestaltungen, welche durch experimentelle Eingriffe und Krankheiten an Drüsen mit innerer Sekretion erzeugt werden. Das kleine Buch wird ein nützlicher Wegweiser sein und wohl auch ein Ansporn zu einem weiteren Eindringen in die interessante und praktisch wichtige Materie. *Leon Asher, Bern.*

Grünbaum, F., und R. Lindt, Das Physikalische Praktikum des Nichtphysikers. (Theorie und Praxis der vorkommenden Aufgaben für alle, denen Physik Hilfswissenschaft ist.) Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage, besorgt von R. Lindt und W. Möbius. Leipzig, Georg Thieme, 1921. XVI, 414 S. 133 Abbildungen. Preis geh. M. 30,—, geb. M. 36,— einschließlich Teuerungszuschlag des Verlages.

Physikalische Messungen spielen bei zahlreichen naturwissenschaftlichen und technischen Arbeiten eine nicht unwesentliche Rolle; da aber viele Studierende, die Physik nur als Nebenfach betreiben, weder Zeit noch die erforderliche Vorbildung haben, um sich an dem Praktikum des Physikers mit Erfolg beteiligen zu können, so hat es sich als notwendig erwiesen, besondere Lehrgänge einzurichten, die sich den Bedürfnissen des Nichtphysikers anpassen. Der Grünbaum-Lindtsche Leitfaden erreicht dies, indem er einerseits den Kreis der Aufgaben einschränkt, dann den klassisch-unwirrschen Kohlräuschstil durch freundliche Beredsamkeit ersetzt und endlich auf die letzten Feinheiten der physikalischen Meß- und Rechenkunst verzichtet. Dadurch, daß die Verfasser bei jeder Aufgabe zuerst die zu ihrer Lösung erforderlichen physikalischen Tatsachen — die „Grundgedanken“ — entwickeln und dann die Einzelheiten der Versuchsanordnung und den Gang der Messung schildern, ist es ihnen gelungen, eine solche Klarheit der Darstellung zu erreichen, daß auch bescheidene physikalische Kenntnisse zur Bewältigung der Aufgaben ausreichen, ohne daß aber einer mechanischen oder schematischen „Erledigung“ der Übungen Vorschub geleistet würde. Um das Eindringen in die Theorie der Erscheinungen zu erleichtern, haben die Verfasser bei jeder Aufgabe auf die entsprechenden Paragraphen der Lehrbücher von Jochmann, Warburg, Grimschl und Lommel hingewiesen. — Als Grundlage für die Auswahl des Stoffes hat eine Rundfrage bei den physikalischen Instituten der Deutschen Universitäten und Technischen Hochschulen gedient, durch die festgestellt wurde, welche Aufgaben an allen oder wenigstens an zahlreichen Laboratorien

ausgeführt zu werden pflegen. Dies objektive Verfahren erscheint sehr bestechend, ist aber doch wohl kaum zweckmäßig; denn der gedruckte Leitfaden des Praktikums soll ja nicht das ohnehin erhebliche Beharrungsvermögen des „Lehrganges“ stärken, sondern gerade die Anregung zu dessen Fortentwicklung bieten und den Leitern des Unterrichtes die Einführung wichtiger und zeitgemäßer Neuerungen erleichtern. In der Tat scheint mir denn auch hier manches zu fehlen, was dem Nichtphysiker dienlich wäre: so z. B. das McLeod-Manometer, das Eintauchrefraktometer, das optische Pyrometer; vermißt habe ich auch die Instrumente zur Messung von Wechselstrom sowie eine Aufgabe aus dem Gebiet der radioaktiven Erscheinungen.

Wenn die Herausgeber in ihrer beherzigenswerten Anrede an die Praktikanten hervorheben, daß die „praktische Physik“ nicht allein die Vertiefung des physikalischen Wissens durch eigene Arbeit an den Apparaten bezwecke, sondern auch auf Erweiterung des Könnens, insbesondere auf die Erwerbung der Fähigkeit, eine Messung „genau, sachlich und kritisch“ auszuführen, abziele, so wird man das gelten lassen und überdies ihre erfolgversprechenden Bemühungen zur Erreichung dieses Zieles gern anerkennen. Vielleicht wäre aber nach dieser Richtig noch mehr zu erlangen, wenn eine Reihe von Aufgaben weniger abstrakt-physikalisch formuliert wäre und sich mehr an die Erfahrung und Interessen der Lernenden wendete. So wird z. B. der Chemiker der Messung von Dichten oder Brechungsexponenten eine gesteigerte Aufmerksamkeit widmen, wenn sie ihm als Hilfsmittel zur Bestimmung der Konzentration von Lösungen vorgeführt werden. Die Aufgabe, den Temperaturkoeffizienten des elektrischen Leitvermögens eines Drahtes zu messen, gewinnt an Bedeutung, wenn man gleichzeitig erfährt, daß jetzt das Platinwiderstandsthermometer in einem weiten Temperaturbereich als „Normale“ gilt, und das Thermoelement wird der Studierende mit ganz anderen Augen ansehen, wenn er es nicht nur zwischen 0° und 100° eicht, sondern sogleich praktisch lernt, wie man damit Temperaturen bestimmt, die weit außerhalb des Anwendungsbereiches von Quecksilberthermometern liegen. Nach meinen Erfahrungen pflegt der mittlere Studierende mit bemerkenswerter Gewandtheit all den Dingen aus dem Wege zu gehen, die er (nach seiner Ansicht) „nicht braucht“; dieser Tatsache sollte der praktische Pädagoge Rechnung tragen, indem er stets auf „den Zweck der Übung“ deutlich hinweist.

Figuren und Ausstattung des Buches sind gut; besonders zu loben ist der dauerhafte Einband.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie. Bd. II, 3. Teil (Lieferung 14). Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff, 1920. 160 S. Preis geh. M. 20,—.

Unter Hinweis auf die letzte Anzeige dieses Werkes in dieser Zeitschrift (8, 1920, 603) ist mitzuteilen, daß in dem vorliegenden Heft der zweite Teil der Zeolithgruppe sowie die ganze Plagioklasgruppe behandelt werden. Der größte Teil der Beiträge stammt vom Herausgeber; im übrigen haben sich an der Bearbeitung D'Achiardi (Pisa), Michel (Wien) und Tschirwinsky beteiligt.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Einiges über Passungen. Da die Herstellungsgenauigkeit mechanischer Teile begrenzt ist und die erzielten Abmessungen stets um gewisse Beträge von

dem Sollwert abweichen, so werden zwei aus der Massenfertigung hervorgehende Teile, die zueinander passen sollen, z. B. Bohrung und Welle, im allgemeinen einen „Sitz“ haben, der dem Spiel des Zufalles unterworfen ist, sofern nicht besondere Maßnahmen getroffen werden, die diese unvermeidlichen Zufälligkeiten nur innerhalb bestimmter Grenzen zulassen. Die praktischen Bedürfnisse verlangen sogar, daß man nicht nur mit Sicherheit immer ein und denselben Sitz erreicht, son-

werden mit „Gleitsitz“, „Schiebesitz“, „Haftsitz“ und „Festsitz“ bezeichnet. Innerhalb des „Laufsitzes“ wird noch weiter unterschieden: „weiter Laufsitz“, „leichter Laufsitz“, „Laufsitz“ und „enger Laufsitz“.

Da im allgemeinen die Herstellungskosten mechanischer Teile mit den Genauigkeitsansprüchen wachsen, sehr große Genauigkeiten also mit bedeutenden Kosten verknüpft sind und da andererseits vielfach ohne Nachteile mit geringerer Genauigkeit gearbeitet werden darf,

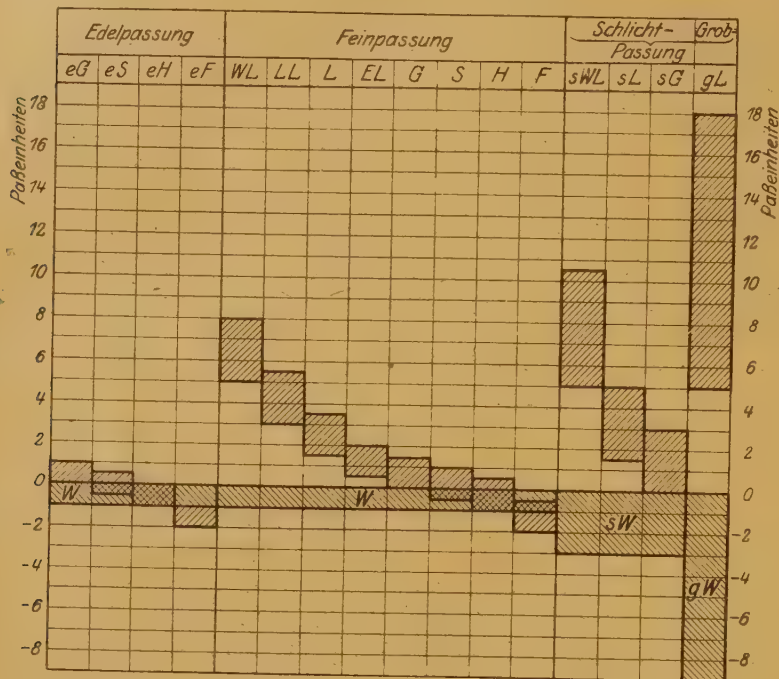


Fig. 1. Einheitswelle.

- eG — Gleitsitz,
- eS — Schiebesitz,
- eH — Haftsitz,
- eF — Festsitz,
- WL — Weiter Laufsitz,
- LL — Leichter Laufsitz,
- L — Laufsitz,
- EL — Enger Laufsitz,
- G — Gleitsitz,
- S — Schiebesitz,
- H — Haftsitz,
- F — Festsitz,
- sWL — Weiter Laufsitz,
- sL — Laufsitz,
- sG — Gleitsitz,
- gL — Laufsitz.

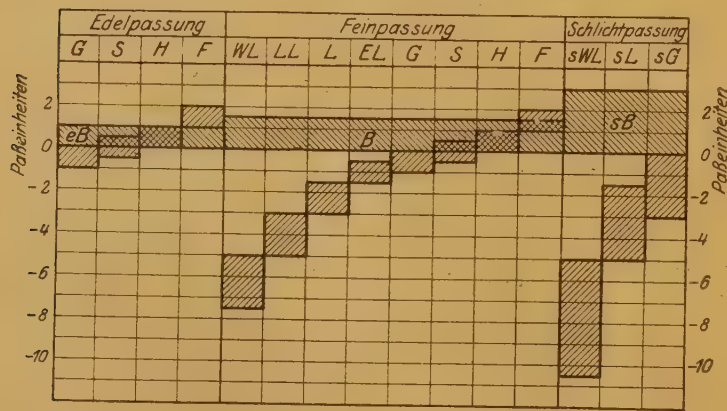


Fig. 2. Einheitsbohrung.

- G — Gleitsitz,
- S — Schiebesitz,
- H — Haftsitz,
- F — Festsitz,
- WL — Weiter Laufsitz,
- LL — Leichter Laufsitz,
- L — Laufsitz,
- EL — Enger Laufsitz,
- sWL — Weiter Laufsitz,
- sL — Laufsitz,
- sG — Gleitsitz.

dern auch, daß man verschiedene wohl definierte Sitzarten zuverlässig erzielen kann, ohne daß eine Nacharbeit von Hand notwendig wäre. Wünscht man, daß unter allen Umständen zwischen Bohrung und Welle ein mehr oder minder großes Spiel vorhanden ist, so spricht man von „Laufsitz“. Sollen dagegen die beiden Teile mit Sicherheit fest aufeinander sitzen, muß also das Spiel negativ, d. h. die Welle zuverlässig etwas größer als die Bohrung sein, so liegt „Preßsitz“ vor. Zwischen diesen beiden Extremen liegende Sitzarten

so ist es notwendig, verschiedene Bearbeitungsgütegrade zu unterscheiden und zu definieren. Man hat deshalb 4 Gütegrade, nämlich die „Edelpassung“, „Feinpassung“, „Schlichtpassung“ und „Grobpassung“ eingeführt, und der Normenausschuß der deutschen Industrie hat die wichtige und mühevollen Aufgabe übernommen, diese Begriffe und diejenigen der Sitzarten eindeutig festzulegen. Nachdem dies geschehen ist, nachdem also die zulässigen und notwendigen Abweichungen vom Nennmaß festgelegt sind, ist es mög-

lich, durch Anwendung von Toleranzmaßen in ganz Deutschland einheitliche Abmessungen zu erzielen, so daß die Welle aus der einen mit der Bohrung aus der anderen Werkstätte zusammen ohne Nacharbeit den richtigen Sitz bei gleichem Gütegrad ergibt.

So einfach der Gedankengang auch ist, der schließlich zu diesem Ergebnis führt, so groß sind die Schwierigkeiten der praktischen Durchführung eines *einheitlichen* Passungssystems.

Um die für die verschiedenen Sitzarten in Frage kommenden zulässigen und notwendigen Abmaße eindeutig und einfach festzusetzen, ist es nämlich noch notwendig, eines der beiden Elemente, die Welle oder die Bohrung, als Bezugselement zu wählen. Das Bezugselement hat dann bei allen Sitzen praktisch gleiche Abmessungen, während das andere Element die notwendigen Abmaße erhält. Als Bezugselement läßt sich aber theoretisch natürlich ebenso gut die Welle wie die Bohrung wählen, und unglücklicherweise lassen sich auch praktisch beide Systeme anwenden, ohne daß eines davon dem anderen auf der ganzen Linie überlegen wäre. Es zeigt sich vielmehr, daß für einzelne Industrien die „Einheitswelle“ vorteilhafter ist und für andere die „Einheitsbohrung“. Man kann sagen, daß im allgemeinen bei Edel- und Feinpassung die Einheitsbohrung, bei Schlicht- und Grobpassung die Einheitswelle den Vorzug verdient.

Der Transmissionsbau ist für die Einheitswelle, weil dabei die Verwendung glatter Wellen ohne Abstufungen möglich ist, obwohl auf derselben Welle Teile mit verschiedenen Sitzarten angebracht werden müssen. Bei anderen Industriegruppen würde die Einführung der Einheitswelle einen großen Aufwand an Werkzeugen notwendig machen, da für jeden Durchmesser ebenso viele Reibahlen erforderlich sind, wie Sitzarten gebraucht werden.

Schließlich ist sogar der Gedanke aufgetaucht, die praktischen Vorteile der beiden Systeme dadurch voll auszunutzen, daß man ein kombiniertes System, das sogenannte Tauschlehrsystem, verwendet.

Hat man sich nämlich z. B. für das System der Einheitsbohrung entschieden und alle notwendigen Werkzeuge und Meßwerkzeuge beschafft, so besitzt man bei Edel- und Feinpassung gleichzeitig auch die Meßwerkzeuge für die Herstellung der Einheitswelle, die mit der Gleitsitzwelle der Einheitsbohrung übereinstimmt. Da aber auch die Gleitsitzbohrung der Einheitswelle mit der Einheitsbohrung übereinstimmt, so besitzt man außerdem noch die Werkzeuge und Meßwerkzeuge für den Gleitsitz der Einheitswelle, d. h. man kann mit den vorhandenen Werkzeugen und Meßwerkzeugen auch eine Sitzart des anderen Systems herstellen. Ganz analog hat eine Werkstätte, die nach Einheitswelle arbeitet, die Möglichkeit, auch den Gleitsitz der Einheitsbohrung herzustellen.

Was schließlich die Festsetzung der zulässigen Abmaße selbst anbelangt, so muß man bedenken, daß schon die Feststellung der praktisch erreichten Abmessungen, das *Messen*, mit unvermeidlichen Fehlern behaftet ist. Überall da, wo es auf hohe Meßgenauigkeit ankommt, bedarf es besonderer Einrichtungen. Die genauesten Längenvergleichen werden mit dem Interferenzkomparator, wie er z. B. von der physikalisch-technischen Reichsanstalt benutzt wird, erreicht. Die Industrie begnügt sich im allgemeinen mit einer wesentlich geringeren Meßgenauigkeit. Immerhin finden wir in den Meßräumen feinmechanischer Betriebe Meßmaschinen mit einer Meßgenauigkeit von $\frac{1}{1000}$ mm und mehr. Hierbei müssen besondere Einrichtungen vorgesehen

sein, die die Messung unabhängig von dem Gefühl des Messenden machen.

Bei der Bearbeitung der mechanischen Teile selbst ergibt sich eine Reihe von Fehlerquellen, herrührend von der Unvollkommenheit der Werkzeugmaschinen, von der Abnutzung der Werkzeuge usw. Indessen läßt sich die Genauigkeit der Herstellung durch Anwendung besonderer Mittel bis zur Genauigkeit des Messens steigern. Die größte Genauigkeit, welche die Festsetzungen des Normenausschusses der deutschen Industrie verlangen, ist eine solche von 0,005 mm. Es ist dies die „Paßeinheit“ für Wellen von 1 bis 3 mm Durchmesser. Bei Edel- und Feinpassung müssen die Wellen mit dieser Genauigkeit hergestellt werden. Für größere Durchmesser ist die Paßeinheit größer, sie wird nach der empirischen Formel:

$$p = 0,005 \sqrt[3]{D}$$

bestimmt, worin p die Paßeinheit und D der Durchmesser ist. Man hat die hiernach sich ergebenden Werte der Paßeinheit für gewisse Durchmesserstufen abgerundet festgelegt. So beträgt z. B. die Paßeinheit für Durchmesser von 360 bis 500 mm 0,04 mm.

Bei der Schlichtpassung darf die Abweichung der Welle vom Nennmaß 3, bei der Grobpassung sogar 9 Paßeinheiten betragen (Einheitswelle).

Selbstverständlich gelten alle Maßangaben nur für eine bestimmte Temperatur. Der Normenausschuß der deutschen Industrie hat eine Bezugstemperatur von 20° C einheitlich festgesetzt. Auch im Ausland sind Bestrebungen dieser Art im Gange. Holland hat sich bereits für 20° C entschieden und auch in Schweden ist Neigung dafür vorhanden. Für eine internationale Regelung kommen nur noch 20 und 17° C in Frage.

Um die Festsetzungen vollkommen eindeutig zu gestalten, hat der Normenausschuß der deutschen Industrie weiterhin noch festgesetzt, daß das Nennmaß stets Begrenzungslinie sein soll, d. h. die Welle darf zwar um die festgesetzte Zahl von Paßeinheiten kleiner sein als das Nennmaß, niemals aber größer. Die Bohrung darf niemals kleiner, wohl aber innerhalb der festgesetzten Grenzen größer als das Nennmaß sein. Auf diese Weise ergibt sich für die beiden vom Normenausschuß der deutschen Industrie genormten Passungssysteme das in den beistehenden Abbildungen dargestellte Schema.

A. Stauch.

Auf der Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde in Berlin am 2. Juli d. J. hielt Geheimrat *Tammann* aus Göttingen einen zusammenfassenden Vortrag über die **chemischen Eigenschaften der Legierungen**, der einen klaren Überblick über die letzten, auf ganz neuen Wegen gewonnenen Ergebnisse des hervorragenden Forschers auf diesem Gebiete bot.

Bekanntlich unterscheidet man bei den binären, d. h. aus nur 2 Metallen zusammengesetzten Legierungen zwei grundsätzlich verschiedene Arten: die Mischkristallreihen und die zweiphasigen Systeme. Die ersten sind wegen ihrer wertvollen mechanischen Eigenschaften von der Technik viel gesuchter. Bei den Mischkristallen ändern sich nun die meisten Eigenschaften kontinuierlich mit ihrer Zusammensetzung, so die Dichte, die Härte, die Reißfestigkeit, das elektrische Leitvermögen. Bis vor kurzem nahm man an, daß das gleiche auch für die chemischen und elektrochemischen Eigenschaften gelte. Das ist aber nicht richtig. Vielmehr fand *Tammann* die merkwürdige Tatsache, daß in den chemischen Eigenschaften, namentlich im Verhalten gegenüber angreifenden

Agentien, bei stetig wechselnder Zusammensetzung eine sprunghafte Änderung dann eintritt, wenn der nach dem Atomverhältnis berechnete Gehalt an dem einen Bestandteil ein ganzzahliges Vielfaches von $\frac{1}{8}$ beträgt, wenn also auf 1 Atom des einen Metalls 7 des anderen, oder auf 2 Atome 6 usw. vorhanden sind: es gibt bestimmte *Einwirkungsgrenzen* der chemischen Agentien auf diese Legierungen. Vorbedingungen für dieses seltsame Verhalten sind: 1. daß das eine Metall im elektrochemischen Sinne wesentlich unedler als das andere ist, 2. daß die Legierung sich in einem Zustande befindet, bei dem keine Diffusion, also kein Platzwechsel der Atome im Raumgitter anzunehmen ist, 3. daß die Legierung bei ihrer Herstellung Gelegenheit gehabt hat, den normalen, stabilsten Zustand der Atomverteilung anzunehmen. Bei hohen Temperaturen fehlt die Bedingung 2, die Einwirkungsgrenzen fallen fort, schon geringe Mengen des unedlen Metalls machen dann die Legierung angreifbar. (Darauf beruht die „Feuerprobe“ der Alten auf unedle Metalle in Gold.)

So wird z. B. aus Kupfer-Gold-Legierungen, die durch langes Tempern völlig homogen gemacht sind, bis zu einem Gehalte von $\frac{3}{8}$ Mol Gold (d. h. 3 Au auf 5 Cu) durch warme Salpetersäure alles Kupfer herausgelöst, über $\frac{1}{8}$ Mol Gold nichts mehr, zwischen $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{4}$ eine mit steigendem Goldgehalt abnehmende Menge. Wie scharf diese Grenzen sein können, zeigen Versuche mit Plättchen derselben Legierungen, die beim Einlegen in gelbe Schwefelammoniumlösung ganz schwarz werden, wenn ihr Goldgehalt 0,245 Mol beträgt, dagegen bei 0,255 Mol Gold in derselben Lösung jahrelang blank bleiben. Bei harten Legierungen der gleichen Art verschiebt sich die Einwirkungsgrenze ein wenig, bis zu 0,27 Mol, wie überhaupt jede mechanische Beanspruchung die Legierungen unedler macht. Das genannte Beispiel erlaubt eine technische Anwendung: die viel gebrauchte 14-karätige Gold-Kupfer-Legierung (mit 58,3 % Gold) könnte ohne Schädigung ihrer chemischen Widerstandsfähigkeit unter 13 Karat (bis auf 53,5 % Gold) herabgesetzt werden.

Die gleiche Einwirkungsgrenze von 0,25 zeigen die Kupfer-Gold-Legierungen gegenüber anderen Agentien, wie PdCl_2 , PtCl_2 , Na_2Se_2 , dagegen $0,5 = \frac{1}{2}$ gegenüber HNO_3 , HMnO_4 , H_2CrO_4 , AuCl_3 , während vor dem Angriff durch Silbersalzlösung das Kupfer schon durch $\frac{1}{8}$ Mol Gold geschützt wird. Bei allen anderen untersuchten Legierungen, die den oben genannten Voraussetzungen genügen, wurden entsprechende Einwirkungsgrenzen $\frac{1}{8}$, $\frac{2}{8}$, $\frac{4}{8}$ Mol wiedergefunden, bei besonders unedlen Metallen, wie Mangan und Magnesium in Legierung mit Silber, gewähren erst $\frac{6}{8}$ oder $\frac{7}{8}$ Mol des edleren Metalles Schutz.

Auch andere als angreifende Agentien scheinen sich der gleichen Regel zu fügen. Während Wasserstoffgas in reinem Palladium oder palladiumreichen Legierungen leicht löslich ist, wird sein Eindringen in das Metall gehemmt, sobald dieses aus Legierungen mit $\frac{1}{2}$ Mol Gold, Silber oder Kupfer besteht.

Die Aufklärung aller dieser überraschenden Beobachtungen ist nur durch die *Raumgitterbetrachtung* möglich. Man muß annehmen, daß in diesen homogenen Legierungen regulär kristallisierender, also isomorpher Metalle die beiden Atomarten der Mischungsbestandteile sich nicht regellos auf die Gitter verteilen, sondern regelmäßig, und zwar, wie die Überlegungen *Tammans* über die verschiedenen Möglichkeiten ergeben haben, in der Weise, daß sie möglichst weitgehend durchmischt sind, daß die Gittersymmetrie ge-

wahrt bleibt und daher in kristallographisch gleichwertigen Richtungen die Verteilung auch die gleiche ist. Diese „normale“ Verteilung läßt sich bei rein kubischen Gittern (8-Punkt-Gittern) für die verschiedenen Gehaltsgrenzen verhältnismäßig leicht berechnen und am Modell zur Anschauung bringen; bei den für die meisten Metalle in Betracht kommenden flächenzentrierten 14-Punkt-Gittern hat sich die Berechnung äußerst schwierig gestaltet, wurde aber durch sehr befriedigende Ergebnisse belohnt. Die Betrachtung der entsprechenden Gittermodelle zeigt, daß oberhalb der Einwirkungsgrenzen auf den Angriffsflächen die Atome des unedleren Metalls entweder überhaupt nicht vorkommen oder so weit voneinander entfernt sind, daß die chemische Reaktion mit dem Angriffsmittel verhindert wird. Dabei spielt die Wertigkeit dieser Agentien eine entscheidende Rolle: ein Mol OsCl_4 braucht zur Reaktion mehr Atome des unedleren Metalls als H_2S , dieser mehr als HNO_3 , die Einwirkungsgrenzen liegen in diesem Falle bei $\frac{1}{8}$, $\frac{2}{8}$, $\frac{4}{8}$ Mol Au. Das unedle Magnesium wird erst durch $\frac{7}{8}$ Mol Ag geschützt, weil erst bei diesem Verhältnis bei normaler Verteilung weder auf den Würfel- noch auf den Oktaeder- noch auf den Rhombendodekaederflächen Magnesiumatome auftreten.

Für das Eindringen des Wasserstoffgases in Palladiumlegierungen muß man annehmen, daß der Wasserstoff nur auf bestimmten vorgeschriebenen Wegen durch das Gitter gehen kann. Die Modelldurchmusterung ergibt, daß die beobachtete Grenze von $\frac{1}{2}$ Mol dann herauskommt, wenn die Wasserstoffatome nur entlang den Würfelkanten und den Körperdiagonalen (nicht aber den Würfel-flächendiagonalen) laufen können, und nur, soweit diese Wege mit Palladiumatomen besetzt sind.

Während beim *Erstarren* der Legierungen aus ihren Schmelzen — abgesehen von den ersten regellosen Anfängen — sich bald die normale Verteilung im Kristallgitter herstellen wird, ist die Konstitution der *auf nassem Wege* (durch Elektrolyse oder durch Fällung sehr verdünnter Lösungen eines Metallsalzes mit einem unedleren Metall) hergestellten Legierungen offenbar eine ganz andere: hier ist die oben an dritter Stelle aufgeführte Vorbedingung nicht erfüllt, und wir finden daher nicht die Einwirkungsgrenzen der aus dem Schmelzfluß erstarrten Legierungen.

Auch die *elektrochemischen* Eigenschaften der Mischkristalle bildenden Legierungen fügen sich in dieses Bild. Bei Quecksilber-Zink-Legierungen z. B. macht schon ein sehr geringer Zinkgehalt das Potential der Legierung unedel, und die entsprechende Kurve verläuft kontinuierlich, weil in den Amalgamen wegen der Diffundierbarkeit sich stets das thermodynamische Gleichgewicht einstellt. Dagegen bleibt bei solchen Legierungen, in denen bei Zimmertemperatur ein Platzwechsel der Atome ausgeschlossen ist, z. B. Cu-Mn, bis zu 0,5 Mol Mn das Potential gleich dem des Kupfers, um dann mit einem Sprunge das unedle des Mangans zu erreichen. Elektrolysiert man Kupfersulfatlösung mit einer Anode aus Kupfer-Gold-Legierung, so tritt Sauerstoffentwicklung an der Anode erst auf, wenn der Goldgehalt die Einwirkungsgrenze von $\frac{2}{8}$ Mol (genauer 0,27) übersteigt. Bei dem gleichen Mischungsverhältnis nimmt auch die Zersetzungsspannung denjenigen Wert an, der der Stromspannungskurve an reinen Goldanoden entspricht.

So hat sich für die Bestimmung des Feingefüges der Legierungen neben den bisher bewährten Verfahren, dem mikroskopischen und dem thermischen,

als neuer Weg das Studium der chemischen und elektrochemischen Eigenschaften höchst fruchtbar gezeigt.

Fr. Au.

The transmission of nervous impulses in relation to locomotion in the earthworm. (J. F. Bovard, University of California publications in Zoology, Bd. 18, 1918, S. 103—134.) Friedländer hatte aus seinem bekannten und oft in Vorlesungen und Übungen wiederholten Versuche (ein Regenwurm wird in zwei Stücke zerschnitten und das Hinterende in natürlicher Lage mit einem Faden am Vorderende angehängt, worauf beide Teile durchaus koordiniert kriechen) geschlossen, daß bei der Koordination der normalen Kriechbewegungen eine Erregungsleitung im Bauchmark von Segment zu Segment nicht stattfindet. Vielmehr sollte in jedem Segment ein geschlossener Reflexbogen durchlaufen und die Übertragung der Erregung von Segment zu Segment allein durch den Zug des jeweils vorderen Segmentes auf das nächstfolgende bewirkt werden, wie es der Fadenversuch ja tatsächlich in drastischer Weise lehrt.

Wie nun aus den Versuchen des Verf., einer ausführenden Erweiterung von Versuchen Biedermanns, in unzweideutiger Weise hervorgeht, ist die Friedländersche Erklärung des normalen Kriechens nicht erschöpfend; vielmehr tritt noch direkte Erregungsleitung im Bauchmark von Segment zu Segment ergänzend hinzu.

Durch Darüberhalten eines offenen Röhrchens mit Äther auf Watte läßt sich ein mittlerer Bezirk des Regenwurmes (*Helodrilus caliginosa* und *Allobophora foetida*) anästhesieren. Das so behandelte Tier kriecht normal; nur nimmt das anästhesierte Stück an der normalen Kontraktionswellenbewegung nicht teil, sondern wird durch den Druck und Zug der beiden unversehrten Körperhälften passiv abwechselnd gedehnt und gestaucht. Reizt man den Wurm nun am Vorderende, so kriecht er rückwärts, reizt man ihn hinten, so beschleunigt er die Vorwärtsbewegung, und zwar beide Male als Ganzes. So findet nachweislich nervöse Erregungsleitung in beiden Richtungen durch das Bauchmark der ätherbehandelten Körperzone statt. Freilich ließe sich noch der Einwand machen, das unempfindliche Mittelstück wirke wie der Friedländersche Faden, und auch hier sei nur der Zug des Vorderendes auf das Hinterende — oder umgekehrt — maßgeblich. Diese Zugkräfte ließen sich nun ausschalten, indem die unempfindliche Mittelzone des Wurmes auf einem Korkplättchen festgesteckt wurde, während die beiden Körperenden sich frei auf feuchtem Glase bewegen konnten. Gelegentlich lösten sich bei aktiven Autotomieversuchen des Wurmes die anästhesierten Körperwände los, so daß Vorderende und Hinterende nur durch Darm, Blutgefäße und Bauchmark zusammenhängen. Endlich wurden auch Präparate angefertigt, in denen Vorderende und Hinterende nur durch ein Stück freigelegten Bauchmarkes verbunden blieben. Mittels eines sehr sinnreich erdachten und selbst verfertigten Hebelapparates gelang es, die Kontraktionen beider Körperhälften gleichzeitig auf die rotierende Trommel aufzuschreiben. In allen diesen Fällen war nun durch das Aufnadeln der Mittelzone des Wurmkörpers der Zugfaktor ganz ausgeschaltet. Trotzdem blieben die Bewegungen von Vorder- und Hinterende stets genau koordiniert, mochte es sich um gewöhnliche Kriechbewegungen oder um die Beantwortung von am Vorder- oder Hinterende willkürlich gesetzter starken Reizen handeln, solange nur das Bauchmark

unversehrt blieb und die festgenadelte Zone mit ausgeschalteten Körperwandungen kürzer als 30 Segmente war. Bei 10 Segmenten war die Koordination stets zufriedenstellend, bis zu Lücken von 28 Segmenten noch wahrzunehmen. Durchschneidung des Bauchmarkes oder Stovaineinspritzungen in die Leibeshöhle der Mittelzone aber hoben stets die Koordination vollkommen auf; nach dem Aufhören der Stovainwirkung stellte sie sich wieder ein. Endlich ließ sich die Geschwindigkeit der Bauchmarksleitung durch die gefühllose Mittelzone messen, indem unmittelbar vor und hinter ihr je eine feine Nadel in den Körper eingestoßen wurde, die vermittels ihrer Ablenkung bei Bewegungen des Wurmkörpers Kontakte öffnete oder schloß und so Signalmagnete betätigte. Die Kontraktionswelle der gewöhnlichen Kriechbewegung pflanzte sich durch das Bauchmark der Mittelzone mit einer höchst variablen Geschwindigkeit fort, nämlich 10 bis 110, gewöhnlich etwa 20—30 Millimeter in der Sekunde. Bei starker Reizung eines der Körperenden aber, auf die das bekannte blitzschnelle Zusammenzucken der Würmer erfolgt, betrug die Geschwindigkeit der Erregungsleitung gegen 1500 mm/sek., also etwa das 60-fache der ersten Größe. Verf. zieht nun die histologischen Untersuchungen über das Bauchmark zu Rate, wonach beim Regenwurme wohl kaum irgendein Axon von einem Ganglion in das folgende hinüberzieht, ja vielmehr manchmal in demselben Ganglion mehrere Neuronen in der Längsrichtung des Bauchmarkes hintereinandergeschaltet wird. So erklärt sich die an sich niedrige und außerdem variable lokomotorische Leitungsgeschwindigkeit, indem die Erregung eine außerordentlich große Anzahl von Synapsen (Transfertzonen) beim Übergange von einem Neuron auf das folgende zu überspringen hat, und die hemmende Wirkung der Transfertzonen, wie überall, quantitativ von Stimmungen abhängig und daher variabel ist. Bei der normalen Bewegung laden die von der Muskulatur des jeweils erregten Segmentes einströmenden Energien den in jeder Synapse geschwächten Erregungsstrom im Bauchmark immer wieder auf. Da diese aufladenden Wirkungen in der anästhesierten oder fortpräparierten Mittelzone dem Bauchmark vorenthalten bleiben, so läuft sich hier im Versuche die Erregung bei einer Leitung über nur 30 Segmente bereits tot. — Ferner enthält nun das Bauchmark des Regenwurmes die vom Vorderende bis nach hinten durchgehenden sog. Riesenfasern. Bei ihrem Passieren trifft die Erregung auf keine störenden Transfertzonen, und so erklärt sich die außerordentliche Geschwindigkeit der Erregungsleitung auf starke äußere Reize hin.

Otto Koehler.

Inbreeding and crossbreeding in *Crepis capillaris* Wallr. (J. L. Collins, University of California publications in agricultural sciences, Bd. 2, 1920, S. 205 bis 216.) *Crepis capillaris*, eine zu den Cichorienartigen gehörige Komposite, pflanzt sich in der Natur durch Selbstbefruchtung und Kreuzbefruchtung fort. Verf. züchtete einerseits reine Linien durch strenges Selbsten, andererseits kreuzte er verschiedene reine Linien und verglich die Vitalität beider Gruppen miteinander. Schon nach zwei bis vier Generationen wurden die reinen Linien kümmerhaft, manche bildeten fast gar keine fruchtbaren Pollenkörner, ihre Wachstumsgeschwindigkeit war gegenüber kreuzbefruchteten Geschwistern sehr verringert. Kreuzung einer solchen Kümmerasse mit einer anderen ergab schon in F_1 ausschließlich kräftige, sehr gut wachsende

Pflanzen. Auch durch verschieden gute Behandlung der Pflanzen ließen sich die geschilderten Unterschiede nicht verwischen. Offenbar liegen also die Verhältnisse so, wie nach *East* und *Jones* beim Mais: Inzucht schwächt, Bastardierung frischt wieder auf, und es ist Gewicht darauf zu legen, daß demnach das Verhalten der Wildpflanze mit dem der domestizierten übereinstimmt.

Otto Kochler.

Veränderungen der Sonnenoberfläche und Witterungswechsel. Die Versuche, Klima- und Witterungsänderungen mit Vorgängen auf der Sonne in Zusammenhang zu bringen, haben in den letzten Jahren beachtenswerte Fortschritte gemacht, und zwar teils infolge von regelmäßigen, genauen Messungen der Strahlungsgröße an der Grenze der Atmosphäre, also Messungen der sogen. Solarkonstante, teils infolge von mehr kritischen Prüfungen meteorologischer Zusammenhänge mittels der „Korrelationsmethode“. Einige diesbezügliche Arbeiten sollen hier kurz besprochen werden.

Auf rein rechnerischem Wege hat *C. E. P. Brooks*¹⁾ den Einfluß der Sonnenflecke auf Klimawechsel von neuem untersucht. Mit Hilfe der übergreifenden Mittel hat er die Sonnenfleckperiode geglättet und diese Reihe verglichen mit den Änderungen von Luftdruck, Temperatur und Niederschlag einer großen Zahl von Stationen in verschiedenen Breiten. Seit 1870 ist das Beobachtungsmaterial recht zuverlässig; aus ihm zieht *Brooks* zwei Schlüsse allgemeiner Art: 1. Unter der Voraussetzung, daß eine Abnahme der Sonnenfleckenzahl mit einer Abnahme der von der Sonne ausgehenden Strahlung verbunden ist, hat die Intensität der Sonnenstrahlung seit 1870 abgenommen. 2. Nur einige Teile der Erde, in erster Linie die Tropen, Zentralasien und die Polargebiete, sind direkt abhängig von der Sonnenstrahlung; hier haben seit 1870 Temperatur und Niederschlag abgenommen, der Druck aber hat zugenommen. Die Drucksteigerung in den Tropen und am Pol bewirkte in den gemäßigten Breiten stärkere Druckgradienten, Temperaturzunahme (wenigstens auf der Nordhemisphäre), Verstärkung des Windes und der Niederschläge.

Die großen Gesichtspunkte, welche *C. E. P. Brooks* hervorhebt, findet man zwar in vielen Einzelfällen nicht bestätigt; vielleicht ist er auch — freilich ohne es selbst anzugeben — beeinflusst worden durch ähnliche Studien von *Clayton* über kurzperiodische Schwankungen und namentlich durch eine viel gründlichere Arbeit von *Björn Helland-Hansen* und *Fridtjof Nansen*²⁾, die schon 1916 in deutscher Sprache in den norwegischen Akademieschriften (I, Nr. 9) und 1920 mit einigen Ergänzungen englisch in den *Smithson. Misc. Collections* 70, Nr. 4, veröffentlicht wurde. *Helland-Hansen* und *Nansen* gehen aus von den Schwankungen der Wassertemperatur des nordatlantischen Ozeans. Es ist schon lange bekannt, daß der Wärmegehalt dieser Wassermassen von hoher klimatischer Bedeutung ist; die norwegischen Forscher haben jedoch einen großen Schritt weiter getan, indem sie gewichtige Gründe dafür beibringen konnten, daß die Schwankungen der Wassertemperatur in enger Beziehung stehen zu den Schwankungen der Sonnenakti-

vität. Allerdings ist dieser Zusammenhang kein unmittelbarer, sondern die Strahlungsschwankungen machen sich zuerst in den oberen Luftschichten bemerkbar, äußern sich alsdann in Luftdruckschwankungen, und die daraus sich entwickelnden großen atmosphärischen Zirkulationen rufen erst charakteristische, sich weithin erstreckende Temperaturperioden von verschiedener Länge — *Helland-Hansen* und *Nansen* erwähnen z. B. solche mit einer Dauer von 8 Monaten und von 2 Jahren — hervor. Die Beziehungen sind aber keineswegs so einfach, wie man nach der stark schematisierten Darstellung von *C. E. P. Brooks* glauben könnte, sie zeigen sich auch weniger deutlich bei Berechnungen nach der Korrelationsmethode, als in plötzlichen und außerordentlich starken Wechseln von Temperatur und Luftdruck. Die Ausdehnung solcher Anomalien auf weite Regionen wird als das charakteristische Moment für den Einfluß der Sonnenaktivität betrachtet. Hierbei tritt dann die regulierende Wirkung des thermischen Zustandes der Ozeane auf Temperatur und Luftzirkulation besonders deutlich hervor. In dem klaren Herausarbeiten dieser Beziehungen liegt der Hauptvorzug der norwegischen Arbeit, die hinsichtlich der klimatischen Variationen — wie schon der Titel besagt — nur als einleitende Studie zu betrachten ist.

Auf ganz andere Art versucht *Clayton*, jetzt Meteorologe des argentinischen Wetterdienstes, dem Problem der Ursache von Witterungsschwankungen näherzukommen. Er stützt sich auf direkte Messungen der Schwankungen der Solarkonstante, welche *C. G. Abbot* und seine Mitarbeiter auf dem Mount Wilson in Californien ausgeführt haben. Diese Solarkonstante erleidet innerhalb weniger Tage Schwankungen bis zu $\pm 6\%$, und diese Schwankungen spiegeln sich in überraschender Weise in der Temperatur von Pilar (Zentralargentinien, $31^{\circ} 39'$ südl. Br.) wieder, derart, daß das fünftägige Mittel des Temperaturmaximums von Pilar mehrere Tage nach einem Maximum der Solarkonstante relativ hoch, nach einem Minimum relativ niedrig ist.

Clayton hat seine in zwei Abhandlungen³⁾ niedergelegten Studien auf 30 möglichst gleichmäßig über die ganze Erde verteilten Stationen ausgedehnt und für Buenos Aires nicht nur das Wetter in den ersten 5 Tagen nach den Strahlungsextremen, sondern für 20 darauf folgende Tage untersucht. Die daraus hergeleiteten periodischen Abläufe der Witterung in einfachen Bruchteilen der Sonnenrotation sind wohl noch stark problematisch, aber der gefundene Zusammenhang zwischen Änderungen der Solarkonstante und Temperatur in der Hauptsache unbestreitbar. Die Korrelation zwischen Strahlung und Temperatur während des fünftägigen Zeitraums nach den Strahlungsextremen ist in den Tropen, dem größten Teil des subtropischen Festlandes und in den Polargegenden ausgesprochen positiv, in den dazwischen liegenden Gebieten meist negativ. In vielen Punkten sind die Ergebnisse von *Clayton* mit denen von *Helland-Hansen* und *Nansen* in erfreulicher Übereinstimmung. In Argentinien hat man sogar die Clayton'schen Regeln für den praktischen Wetterdienst verwendet. Sü.

¹⁾ The secular variation of climate. Geogr. Rev. (New York) 11, S. 120—135, 1921.

²⁾ Temperature variations in the North Atlantic Ocean and in the atmosphere. Introductory studies of the cause of climatic variations.

³⁾ Effect of short period variations of solar radiation on the earth's atmosphere and Variation in solar radiation and the weather. *Smithson. Misc. Coll.* 68 (1917), Nr. 3 und 71 (1920), Nr. 3.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 32. (Seite 623—638)

12. August 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde. Von *R. Grammel, Stuttgart*. (Mit 6 Abbildungen.) S. 623.

Die Regulierung der Blutverteilung in den Kapillaren. Von *U. Ebbecke, Göttingen*. (Mit 2 Abbildungen.) S. 629.

Botanische Mitteilungen. S. 637—638.

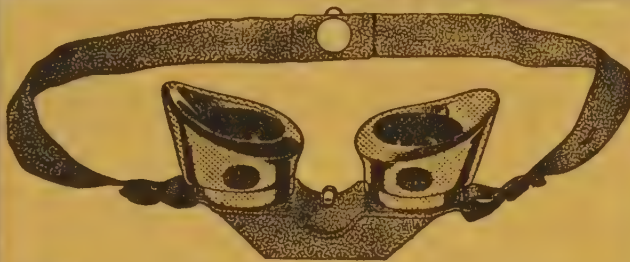
Die Nachkommenschaft aus amphimiktisch und apogam entstandenen Sporen von *Chara crinita*. Zur Physiologie saprophytischer Flagellaten. Untersuchungen über das Sinusgesetz bei der geotropischen Reaktionszeit von *Lepidium*.

ZEISS

LUPEN

für

Naturwissen- schaftler und Naturfreunde



Binokulare-Lupen
Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich $\frac{6}{10}$ $\frac{13}{20}$ $\frac{26}{30}$ $\frac{52}{40/10}$ maliger Wiederholung

Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 630-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 22100 Julius Springer.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztenwelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster Wohlbekömmlichkeit.

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Mineralien, Kristalle und Gesteine

Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen

offert preiswert und in reicher Auswahl

Mineralien-Niederlage A. Jahn

Plauen i. V., Oberer Graben 9

Preisliste gratis.

(213)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Methodik der Blutuntersuchung

Mit einem Anhang

Zytodiagnostische Technik

Von

Dr. A. v. Domarus

Direktor der Inneren Abteilung des Auguste Viktoria-Krankenhauses in Berlin-Weißensee

Mit 196 Textabbildungen und 1 Tafel

(Aus „Enzyklopädie der klinischen Medizin“, Allgemeiner Teil)

Preis M. 58.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

12. August 1921.

Heft 32.

Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde.

Von R. Grammel, Stuttgart.

Einleitung.

Die seit dem griechischen Altertum immer wieder auftauchende, von Nicolaus Copernicus endgültig geklärte und zum Siege geführte „heliocentrische“ Auffassung, wonach die Bewegungserscheinungen am Himmelsgewölbe am einfachsten durch eine dreifache Eigenbewegung der Erde gegenüber der Sonne zu erklären sind, nämlich durch die Drehung der Erde um sich selbst (*Rotation*), durch ihren Umlauf um die Sonne (*Revolution*) und durch eine kegelige Bewegung der Rotationsachse (*Präzession* und *Nutation*) — ist für jeden astronomisch einigermaßen Gebildeten längst zu einer unbezweifelbaren Tatsache geworden. Zu ihrer Stütze hat man, ausgehend von dem Newtonschen Gespenst des absoluten Raumes, Beweis auf Beweis zu häufen versucht, um schließlich zu erkennen, daß das Copernicanische System sich überhaupt nicht beweisen, sondern nur durch seine ungeheuer große Zweckmäßigkeit, und durch sonst nichts, rechtfertigen läßt. Man kann jenen „Beweisen“ heute nur noch insoweit Aufmerksamkeit widmen, als es sich darum handelt, sie in ein geschlossenes System¹⁾ zu bringen und ihr Verhältnis zum Relativitätsprinzip klarzustellen.

Wie den Gottesbeweisen durch die Kantische Erkenntniskritik, so ist durch das Einsteinsche Relativitätsprinzip (in seiner allgemeinen Fassung) allen Beweisen für die Bewegung der Erde die absolute Beweiskraft entzogen. Daß sie trotzdem ihre Bedeutung nicht verloren haben, liegt daran, daß auch der Begriff des Beweises relativ ist: er hat nur dann einen Sinn, wenn angegeben wird, bis zu welchem Grad der Gewißheit der Beweis führen soll. In unserem Falle kann einwandfrei nur die Tatsache erwiesen werden, daß ein mit der Erde fest verbundenes Bezugssystem die Eigenschaften eines Inertialsystems nicht besitzt, sondern in ganz bestimmter Art davon abweicht, d. h. daß, beurteilt von jenem irdischen System, die Bewegungserscheinungen der trägen Massen anders verlaufen, als sie dies nach dem Impulsgesetz (Trägheitsgesetz) unter dem Einfluß aller uns bekannten Kräfte tun sollten. Die Ab-

weichungen lassen sich durch die Copernicanische Erdbewegung erklären, aber ebensogut auch durch die Einwirkung unbekannter ferner rotierender Massen, wie schon E. Mach²⁾ vermutet und H. Thirring³⁾ neuerdings rechnerisch gezeigt hat. Zwischen beiden Möglichkeiten ist eine absolute Entscheidung ausgeschlossen; die Vernunft trifft aber natürlich eine solche praktisch sehr rasch.

Nach Lord Kelvin hat man scharf zwischen Beobachtungen und Versuchen als Beweisgrundlagen zu unterscheiden. Die gewichtigsten Gründe für das Copernicanische System sind die astronomischen Beobachtungen (die scheinbare tägliche Drehung des Himmelsgewölbes zusammen mit den Fixsternparallaxen, der Aberration des Lichtes und der Präzession des Himmelspoles) sowie die geophysikalischen Beobachtungen (die Erdabplattung, das Buys-Ballotsche Gesetz über die Ablenkung der Luft- und Meeresströmungen, das v. Baersche Gesetz über die stärkere Ausspülung der rechten Flußufer auf der nördlichen, der linken auf der südlichen Halbkugel, endlich die Tatsache des Erdmagnetismus, dessen Feld nach einer Vermutung von A. Einstein⁴⁾ wesentlich als eine dynamische Folge des von der Erde bei ihrer Rotation mitgeführten Elektronenstromes zu erklären ist).

Am großen Maßstab dieser Beobachtungen gemessen, spielt der Versuch in unserem Falle nur eine bescheidene und bloß insofern eindrucksvolle Rolle, als er ohne astronomische Hilfe Kunde von der Erdbewegung gibt und außergewöhnlich geistreiche Anwendungen der Naturgesetze veranlaßt hat. Indem wir von vornherein verabreden, daß immer nur die Frage, ob das irdische Bezugssystem ein Inertialsystem ist oder nicht, zur Erörterung stehen darf, benutzen wir, so oft es uns bequem ist, die vorrelativistische Ausdrucksweise. Wir lassen überdies alle nichtmechanischen Versuchsmöglichkeiten außer acht und haben es also weiterhin nur mit mechanischen Versuchen zu tun, und zwar zunächst ausschließlich mit solchen für die Rotation der Erde um ihre Achse.

Zur systematischen Ordnung der überaus großen Mannigfaltigkeit solcher Versuchsmöglichkeiten wählen wir, bildlich gesprochen, ein kine-

²⁾ E. Mach, „Die Mechanik in ihrer Entwicklung, 2. Kap., 6, 5 (4. Aufl., S. 242 f.).

³⁾ H. Thirring, Phys. Zeitschr. 19 (1918), S. 33, und 22 (1921), S. 29, sowie A. Kopff, ebenda 22 (1921), S. 24, und A. Kopff, Naturwissenschaften 9 (1921), S. 9.

⁴⁾ A. Einstein und J. W. de Haas, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 17 (1915), S. 156.

¹⁾ Die vollständigste zusammenfassende Darstellung verdankt man J. G. Hagen, La rotation de la terre, ses preuves mécaniques anciennes et nouvelles, Pubblicazioni della Specola Astronomica Vaticana, 2. Reihe, Bd. I, Rom 1912.

tisches Fachwerk mit kinematischer Unterteilung. Diese geht davon aus, daß man als wesentlichste Ursache der Abweichung des irdischen Bezugssystems von einem Inertialsystem die Erddrehung ansieht. Ihre Winkelgeschwindigkeit

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164} \text{ sek}^{-1}$$

(der Nenner gibt die Anzahl der Sekunden eines Sterntages) stellt man (Fig. 1) zweckmäßigerweise dar als einen Vektor \mathbf{o} von der Länge ω , der vom Erdmittelpunkt aus in die Erdachse nordwärts gelegt gedacht ist. Nach einer kinematischen Regel darf man die Drehung \mathbf{o} durch die übliche Vektorzerlegung zerspalten in zwei Komponenten \mathbf{o}_1 und \mathbf{o}_2 . Die erste stellt eine Drehung der Horizontalebene eines unter der geographischen Breite φ gelegenen Beobachtungsortes A um dessen Lotlinie vor; sie besitzt die Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_1 = \omega \sin \varphi, \dots \dots \dots (1)$$

soll künftig die *Azimutaldrehung* genannt sein und verschwindet nur für Beobachtungsorte am Äquator. Die zweite Komponente dreht den Hori-

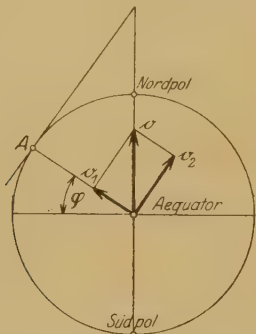


Fig. 1. Azimutal- und Vertikaldrehung.

zont um eine durch den Erdmittelpunkt parallel zur Nordlinie des Beobachtungsortes gezogene Achse mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_2 = \omega \cos \varphi; \dots \dots \dots (2)$$

sie heiße die *Vertikaldrehung*, und sie verschwindet nur an den beiden Polen. Bei den meisten Versuchen handelt es sich um den Nachweis entweder der Azimutal- oder der Vertikaldrehung für sich allein.

Sodann mag daran erinnert sein, daß das Grundgesetz der Kinetik, der Impulssatz (als Träger des viel engeren Trägheitsgesetzes), angewandt auf die Bewegung eines starren oder unstarren Körpers, in zwei Sätzen gipfelt, deren erster die Fortschreitbewegung des Körpers beherrscht, während der zweite dessen Drehung regelt. Der erste, als sog. **Schwerpunktssatz**, sagt aus, daß in einem Inertialsystem der Massenzentrum des Körpers sich so bewegt, als ob die ganze Masse punktförmig in ihm vereinigt wäre und als ob außerdem alle Kräfte (und zwar soweit nötig, parallel mit sich verschoben) in ihm angriffen, wo sie dann eine mit ihrer Resultante richtungsgleiche Beschleunigung verursachen. Ist die Resultante null, so bewegt sich

der Schwerpunkt geradlinig gleichförmig (eingeschlossen den Fall der Ruhe); diese besondere Form des Schwerpunktssatzes ist der **Trägheitssatz** für die Fortschreitbewegung des Körpers.

Über die Drehung des Körpers sagt das Impulsgesetz folgendes aus: Man zerspalte (Fig. 2) die als Vektor aufgefaßte Winkelgeschwindigkeit \mathbf{u} des Körpers in drei Komponenten $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3$ nach drei aufeinander senkrechten, im Körper festen, sich in einem Punkte O der Drehachse schneidenden Achsen, nämlich nach den sog. drei Hauptträgheitsachsen des Körpers in bezug auf O . (Der Punkt O ist auf der Drehachse beliebig; wenn während der Bewegung ein Punkt des Körpers festgehalten wird, durch den dann also alle Drehachsen hindurch gehen müssen, so bringt es

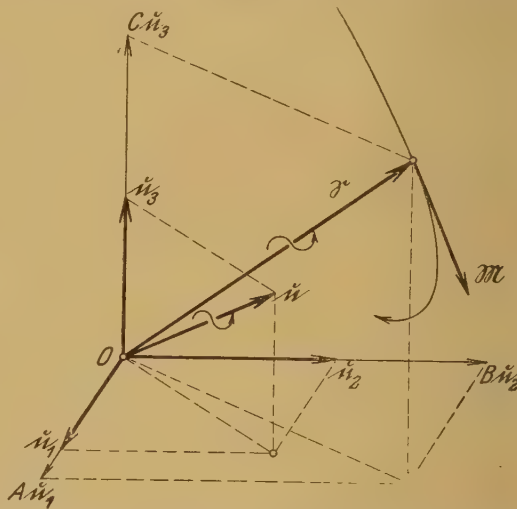


Fig. 2. Zusammenhang zwischen den Vektoren \mathbf{u} , \mathbf{S} und \mathbf{M} bei der Drehung eines Körpers um einen Punkt O .

große Vereinfachungen, eben diesen sog. *Stützpunkt* als O zu wählen.) Sind A, B, C die drei Trägheitsmomente des Körpers in bezug auf jene drei Achsen, so verlängere man die drei Komponenten \mathbf{u}_i der Reihe nach im Verhältnis $A : 1, B : 1$ und $C : 1$ und setze die so erhaltenen Vektoren $A\mathbf{u}_1, B\mathbf{u}_2, C\mathbf{u}_3$ hernach wieder zu einer Resultante \mathbf{S} zusammen, die wir den Vektor des *Schwunges* heißen; er hat im allgemeinen nicht ganz die gleiche Richtung wie der Vektor \mathbf{u} . Es versteht sich, daß wir, wie schon beim Vektor \mathbf{o} , auch bei \mathbf{u} und überhaupt bei allen diesen Vektoren von *axialem* Charakter die Pfeilrichtung des Vektors dem durch ihn dargestellten Drehsinn unter dem Bild einer rechtsgängigen Schraube zuordnen. Insbesondere verwenden wir diese Zuordnung auch, wenn wir sodann noch die Momente der gegebenen Kräfte in bezug auf den Punkt O aufstellen. Legen wir (Fig. 3) durch O und den Vektor einer Kraft eine Ebene E , so deuten wir nämlich das Moment der Kraft durch einen Vektor, der auf dieser Ebene in O solchermaßen

senkrecht steht, daß seine Pfeilrichtung mit der Drehtendenz der Kraft eine Rechtsschraube bildet; seine Länge machen wir natürlich gleich dem Produkt aus Kraft und Hebelarm. Die Resultante \mathcal{M} dieser Momentvektoren regelt die Drehung u nun sehr einfach in der Weise, daß der Vektor \mathcal{M} die Geschwindigkeit vorstellt, mit der sich der Endpunkt des Vektors \mathcal{S} im Räume bewegt (Fig. 2). Diese Aussage (deren Herleitung aus dem Impulsgesetze hier unterdrückt werden muß) möge der **Schwunqsatz** heißen (auch Drehimpulssatz genannt). Einen wichtigen Sonderfall erhält man, wenn die Kräfte das Moment $\mathcal{M} = 0$ besitzen; alsdann ist der Schwungvektor \mathcal{S} nach Richtung und Größe unveränderlich. Man könnte diese engere Aussage den Trägheitssatz für die Drehbewegung des Körpers nennen, man heißt sie zufolge einer anschaulichen Deutung, die sie zuläßt, den **Flächensatz**. Der Name mag an dem einfachsten Fall erklärt werden, daß ein Punkt von der Masse m — ein Planet — sich unter dem Einfluß einer nach einem festen Punkt O — der Sonne — gerichteten Kraft bewegt. Der Schwungvektor \mathcal{S} vom Betrag S , sowie

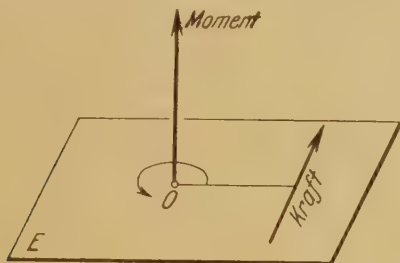


Fig. 3.

der Drehvektor u vom Betrag u , durch die Sonne gezogen, sind hier richtungsgleich, und es gilt

$$S = m r^2 \cdot u, \dots \dots \dots (3)$$

wo r den Sonnenabstand des Planeten, $m r^2$ also sein Trägheitsmoment in bezug auf die zu r senkrechte Achse u durch die Sonne bedeutet. Schreibt man statt (3):

$$\frac{1}{2} r^2 u = \frac{1}{2} \frac{S}{m},$$

so steht linkerhand die in der (hinreichend klein gedachten) Zeiteinheit vom Fahrstrahl r überstrichene Fläche. Weil $\mathcal{M} = 0$, also \mathcal{S} unveränderlich ist, so erfolgt die Bewegung in der auf \mathcal{S} senkrechten Sonnenebene, und zwar mit konstanter „Flächengeschwindigkeit“ $\frac{1}{2} r^2 u$ (2. Keplersches Gesetz).

Vom Besonderen zum Allgemeinen aufsteigend, bekommen wir also jetzt folgendes kinetische Fachwerk:

Trägheitssatz	Flächensatz
Schwerpunktssatz	Schwunqsatz

Schalten wir den Trägheitssatz (im engeren Sinne) aus, weil es praktisch unmöglich ist, einen Körper ganz dem Einfluß aller Kräfte zu

entziehen, so bleiben uns für die Einordnung der Versuche die drei anderen Sätze. Und nun handelt es sich darum,

die Unterschiede nachzuweisen, die entstehen, wenn man diese Sätze das eine Mal auf ein von der Drehung freies Inertialsystem anwendet — sie geben dann die tatsächlichen Bewegungen der Körper an —, das andere Mal auf das irdische Bezugssystem — sie sagen dann aus, welche Bewegungen man beobachten würde, wenn sich die Erde nicht drehte.

Zum Nachweis dieser Unterschiede sind grundsätzlich nahezu *alle* mechanischen Vorgänge geeignet; ihre Auswahl hängt allein von der zu erreichenden Beleuchtungsgenauigkeit ab, die wegen der Kleinheit der Effekte recht groß sein muß.

I. Versuche auf Grund des Schwerpunktsatzes.

A. Nachweis der Azimutaldrehung.

1. *Der wagerechte Wurf.* Der Schwerpunktsatz bestimmt von sich allein die Bewegung eines Körpers nur dann vollständig, wenn dieser keine merkliche Ausdehnung hat und demgemäß keine Drehung in sich von nachweisbarem Schwung besitzt. In Wirklichkeit genügt es, möglichst kleine Körper von möglichst großem spezifischem Gewicht zu verwenden und jede Drehung des Körpers in sich auszuschließen. Wenn ein solcher „Massenpunkt“ vom Beobachtungspunkt A aus so geworfen wird, daß er nahezu in der Horizontalebene bleiben muß, ohne jedoch durch wagerechte Kräfte (Reibung usw.) mit dem irdischen Bezugssystem gekoppelt zu sein, so müßte seine Horizontalprojektion, falls das irdische System ein Inertialsystem wäre, eine gerade Linie beschreiben. Die Azimutaldrehung ω_1 des irdischen Bezugssystems gegen das Inertialsystem äußert sich demgemäß in einer scheinbaren Drehung — ω_1 des von A nach der augenblicklichen Horizontalprojektion des geworfenen Punktes gezogenen Fahrstrahls. Dies bedeutet auf der nördlichen Halbkugel eine Abweichung von der irdischen Schußbahn nach rechts, auf der südlichen eine solche nach links, und zwar um den sekundlichen Winkelbetrag $\omega_1 = \omega \sin \varphi$, unabhängig von der Himmelsrichtung des Abschusses. Die Abweichung muß in unseren Breiten bei einem Geschuß von durchschnittlich 600 m/sek Fluggeschwindigkeit für ein Ziel in der Entfernung 5 km einen Zielfehler von über 2 m ausmachen. Die vielfachen Versuche, diesen Zielfehler nachzuweisen, haben kein einwandfreies Ergebnis gezeitigt, weil die Abweichung von anderen Einflüssen stark übertönt wird⁵⁾. Diese Einflüsse rühren von dem mit einer höheren Potenz der Geschwindigkeit proportionalen Luftwiderstand her. Um sie auszuschalten, muß man also zu möglichst langsamen Bewegungen herabsteigen.

⁵⁾ Vgl. C. Cronz, Encykl. d. Math. Wiss. Bd. 4, Teilband 3, S. 224.

2. *Das ebene mathematische Pendel.* Es gibt ein einfaches Mittel, solche langsamen, nahezu wagerechten Bewegungen sehr gesetzmäßig zu unterhalten: die Anordnung des mathematischen Pendels von großer Pendellänge l und — im Vergleich damit — kleiner Amplitude a . In diesem Falle würde sich die Bewegung der Pendelkugel, wenn sie aus ihrer Ruhelage A durch einen genau zentralen, wagerechten Stoß hinausgeworfen wäre, von derjenigen des Geschosses bei sehr viel kleinerer Geschwindigkeit nur dadurch unterscheiden, daß sie immer gegen ihren Ruhepunkt A mit einer Kraft hingezogen wird, die für kleine Amplituden dem Ausschlage proportional ist. Diese Kraft liegt allezeit in der Schwingungsebene; sie wirkt demnach nur so, daß sie die Bewegung immer wieder zur Umkehr bringt, ohne aber die räumliche Stellung der Schwingungsebene anzutasten. Mithin muß sich auch

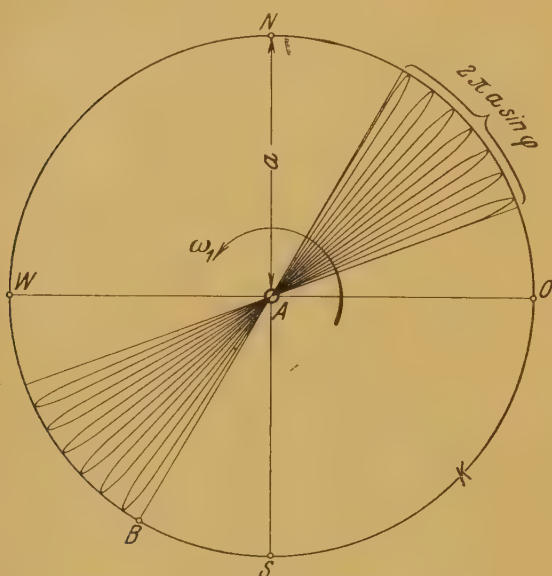


Fig. 4. Zum Foucaultschen Pendel.

hier die Azimutaldrehung ω_1 der Horizontalebene durch eine scheinbare Drehung $-\omega_1$ der Schwingungsebene kundgeben. Die scheinbare Drehung geschieht auf der nördlichen Halbkugel im Sinne NOSW; ihr Betrag, auf dem Umfang eines wagerechten Kreises K um A mit dem Halbmesser a gemessen (Fig. 4), macht in 24 Stunden den Weg $2\pi a \sin \varphi$ aus, und dies ist, wie man leicht nachrechnet, der Längenunterschied zweier irdischer Parallelkreise, wovon der eine durch den Mittelpunkt, der andere durch den Nord- oder Südpunkt des Kreises K geht.

Es ist nun freilich praktisch nicht möglich, den Anstoß genau zentral zu führen. Vielmehr läßt man die Pendelkugel stets aus ihrer äußersten Lage B so los, daß sie gegen die Erde keine Anfangsgeschwindigkeit besitzt. Hiermit ist aber ein grundsätzlicher Fehler verbunden, ohne dessen Abschätzung die Versuche nahezu wertlos

wären. Insofern die Vertikaldrehung ω_2 bei den unendlich kleinen Winkelamplituden

$$\vartheta_0 = \frac{a}{l}, \quad (4)$$

auf die wir uns beschränken wollten, gar nicht in Frage kommt, können wir als Inertialsystem vorläufig eine in A mit der Erde befestigte Horizontalebene ansehen, welche die Azimutaldrehung ω_1 nicht mitmacht. In diesem Inertialsystem besitzt die Pendelkugel beim Loslassen eine Geschwindigkeit

$$v_0 = a \omega \sin \varphi \quad (5)$$

tangential zum Kreise K im Sinne von ω_1 . Man hat es also, beurteilt vom Inertialsystem aus, überhaupt nicht mehr mit einem ebenen, sondern mit einem sog. sphärischen Pendel zu tun, d. h. mit einem solchen, dessen Pendelmasse nicht mehr in einer Ebene schwingt, sondern beliebig auf der um den Aufhängepunkt geschlagenen Kugel vom Halbmesser l wandern kann. Dessen Theorie zeigt, daß für kleine Winkelamplituden ϑ_0 die Horizontalprojektion der Pendelmasse eine Ellipse beschreibt, welche sich im Sinne von ω_1 langsam mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\omega' = \frac{3\pi}{4} \frac{ab}{t_0 l^2} \quad (6)$$

um die Lotlinie dreht. Dabei hängt die Amplitude b in Richtung der kleinen Ellipsenachse mit der Schwingungsdauer t_0 und der Geschwindigkeit v_0 — wie bei jeder harmonischen Schwingung — zusammen durch die Beziehung:

$$v_0 t_0 = 2\pi b. \quad (7)$$

Zufolge (4), (5) und (7) wird also die Ellipsendrehung (6)

$$\omega' = \frac{3}{8} \vartheta_0^2 \omega \sin \varphi$$

und demnach die scheinbare Azimutaldrehung der Pendelschwingung — $\omega_1 + \omega'$ oder

$$= \omega \sin \varphi \left(1 - \frac{3}{8} \vartheta_0^2\right). \quad (8)$$

Das Korrektionsglied $\frac{3}{8} \vartheta_0^2$ muß bei allen quantitativen Versuchen berücksichtigt werden. Um es möglichst zu verkleinern, wird man, wie die meisten Experimentatoren, die Pendellänge l sehr groß oder, wie *H. Kamerlingh-Onnes*, die Amplitude a sehr klein wählen (vgl. 12.).

Was die Geschichte des Versuches anlangt, so ist allgemein bekannt, daß ihn *L. Foucault*⁶⁾ im Januar 1851 nach langwierigen Vorbereitungen mit vollem Erfolg im Pantheon zu Paris an einem 67 m langen Pendel mit 16 sek Schwingungsdauer ausgeführt hat, sowie daß er dann fast in Jahresfrist seinen Siegeszug über die ganze Erde vollendete, wobei sich die Erddrehung teilweise bis auf einen Fehler von $\frac{1}{2}\%$ (die Tageslänge also bis auf etwa 7 Min. genau), bei einem in

⁶⁾ *L. Foucault*, Recueil des travaux scientifiques, herausg. v. *C. M. Gariel* und *J. Bertrand*, Paris 1878, S. 378 (Comptes rendus 32 (1851), S. 135).

Köln angestellten Versuch⁷⁾ angeblich sogar bis auf $\frac{1}{2}\%$ ergab. Weniger bekannt ist die Tatsache, daß der Versuch mit qualitativ befriedigendem Ergebnisse nachgewiesenermaßen⁸⁾ schon 1661 von V. Viviani in Florenz und 1833 von Bartolini in Rimini angestellt worden ist, wovon Foucault allerdings keine Kenntnis hatte. Als Kuriosum mag noch erwähnt sein, daß Kalisch in Barmen eine gewöhnliche Pendeluhr drehbar zwischen lotrechten Stahlspitzen lagerte und eine scheinbare Drehung des ganzen Uhrgehäuses deutlich, wenn auch quantitativ mit einem Fehler von 10 %, beobachten konnte.

3. Das mathematische Kegelpendel. Die Beweiskraft des Foucaultschen Versuches wird trotz seiner Berühmtheit dadurch beeinträchtigt, daß ihm die Eigenschaft der Umkehrbarkeit mangelt, die allein eine wirklich zuverlässige Ausmittlung aller systematischen Fehler ermöglicht. Es scheint, daß diesen Mangel zuerst A. Bravais⁹⁾ empfunden hat. Kurz nach Foucault, bereits im Mai 1851, nahm Bravais einen neuartigen, gut gelingenden Versuch vor, indem er das Pendel nicht ebene, sondern kegelige Schwingungen ausführen ließ, derart, daß die Pendelmasse je einen wagerechten Kreis sowohl im einen wie im andern Sinne beschreiben mußte. Je nach dem Drehsinn ergaben sich dabei verschiedene Umlaufsdauern. Ist nämlich ε_0 die wahre Winkelgeschwindigkeit des Kegelpendels, gemessen in einem Inertialsystem, ε_1 seine scheinbare, gemessen im irdischen System, für den Drehsinn NOSW, ε_2 seine scheinbare für den Drehsinn NWSO, so gilt

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \varepsilon_0 + \omega_1 \\ \varepsilon_2 &= \varepsilon_0 - \omega_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

und also nach (1):

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 2\omega_1 = 2\omega \sin \varphi. \dots \dots \dots (10)$$

Die linke Differenz ermittelte Bravais, indem er das 10 m lange Pendel durch einen wagerecht sich drehenden Hebel zu einer möglichst genau kreiskegeligen Bewegung antrieb und durch Anvisieren des Pendelfadens in einer durch die Ruhelage gehenden erdfesten Richtung die Umlaufsdauern für den einen und andern Drehsinn bestimmte. Für noch genauere Messungen verwandte Bravais zwei in der Visierichtung hintereinander hängende Pendel, die sich um $\frac{1}{100}$ in der Länge und also um $\frac{1}{200}$ in der Umlaufsdauer unterschieden. Für das kürzere gilt in leichtverständlicher Bezeichnung

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon'_1 &= \varepsilon'_0 + \omega_1 \\ \varepsilon'_2 &= \varepsilon'_0 - \omega_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

und aus (9) und (11) folgt

$$(\varepsilon_1 - \varepsilon'_2) - (\varepsilon_2 - \varepsilon'_1) = 4\omega_1 = 4\omega \sin \varphi. \dots (12)$$

Ein erster Versuch, bei dem das längere Pendel im Sinne NOSW, das kürzere im Sinne NWSO

⁷⁾ C. Garthe, Foucaults Versuch usw., Köln 1852.

⁸⁾ Vgl. J. G. Hagen, a. a. O., S. 8.

⁹⁾ A. Bravais, Comptes rendus 32 (1851), S. 166, und 33 (1851), S. 195.

umlief, gab durch Beobachtung der Koinzidenzen beider Pendel und durch Abzählen der Schwingungen zwischen zwei Koinzidenzen die erste der linken Differenzen in (12), ein zweiter Versuch mit umgekehrten Umlaufssinnen die zweite.

Indem Bravais auch noch die Korrekturen berücksichtigte, die durch die Abweichungen von der genauen Kreisform der Bahn der Pendelkugel bedingt sind — diese Form wurde dauernd festgestellt —, fand er den Wert von ω mit einem Pendel auf 3,8 % genau, mit zwei Pendeln fast auf 1 % genau. Wenn trotzdem sein Versuch im Gegensatz zum Foucaultschen viel weniger bekannt und niemals mehr wiederholt worden ist, so mag dies darauf zurückzuführen sein, daß die Beobachtung der Zeitdifferenzen am Bravaisschen Pendel weniger eindrucksvoll ist als die von Raumdifferenzen am Foucaultschen, und daß überhaupt der Foucaultsche Versuch wenigstens auf den Laien wohl viel unmittelbarer und anschaulicher wirkt als der wissenschaftlich ebenso wertvolle Bravaissche. Man bemerkt übrigens, daß die Versuche von Foucault und Bravais lediglich die beiden Endglieder einer ganzen Reihe von Versuchsmöglichkeiten darstellen, nämlich der allgemeinen Schwingungen des sphärischen mathematischen Pendels (vgl. 12.).

B. Nachweis der Vertikaldrehung.

4. Die Wage. Der vollgültige Nachweis der Erddrehung ω ohne astronomische Beobachtungen (wie sie noch zur Angabe der geographischen Breite φ nötig wären) erfordert, streng genommen, auch die Ermittlung der Vertikaldrehung $\omega_2 = \omega \cos \varphi$ des Beobachtungsortes. Es ist wiederholt versucht worden, hierzu diejenige Trägheitserscheinung eines umlaufenden Körpers zu verwenden, die man gemeinhin unter dem Namen der Fliehkraft zusammenfaßt. Alle irdischen Körper sind der von der Erddrehung ω herrührenden Fliehkraft unterworfen. Die Vertikaldrehung ω_2 insbesondere hat zur Folge, daß das Gewicht eines auf der Erdoberfläche ruhenden Körpers, soweit es von der Erdanziehung allein herrührt, um den Betrag $m R \omega_2^2$ verringert erscheint, wo m seine Masse und R der Erdradius ist. Das wägbare Gewicht wird mithin:

$$G = mg - m R \omega_2^2,$$

unter g die Schwerebeschleunigung an der Erdoberfläche verstanden. In der Höhe h über der Erdoberfläche wird das wägbare Gewicht, wenn wir die Abnahme der Schwere mit dem Quadrat der Entfernung von der Erdmitte beachten,

$$G' = m g \frac{R^2}{(R+h)^2} - m (R+h) \omega_2^2.$$

Setzt man hierin genau genug

$$\frac{R^2}{(R+h)^2} = 1 - \frac{2h}{R},$$

so kommt durch Subtraktion

$$G - G' = \frac{2 m g h}{R} + m h \omega_2^2$$

und sodann

$$\frac{G - G'}{G} = \frac{h}{R} \cdot \frac{2g + R\omega_2^2}{g - R\omega_2^2} \dots (13)$$

Denken wir uns einen Körper durch eine Wage, die in der Höhe h aufgestellt ist, gewogen, und zwar einmal auf der Wage selbst (G'), das andere mal an die Wage vermittelt eines Fadens von der Länge h angehängt (G), und so den Aus-
druck

$$\frac{R}{h} \cdot \frac{G - G'}{G} = A$$

ermittelt, so wird aus (13)

$$\omega_2^2 = \frac{g}{R} \cdot \frac{A - 2}{A + 1} \dots (14)$$

Trotz mancherlei Bemühungen ist es freilich bisher nicht gelungen, die Wägungen mit der Genauigkeit durchzuführen, welche nötig wäre, um wenigstens den qualitativen Nachweis für die Vertikaldrehung ω_2 auf diesem Wege als erbracht anzusehen.

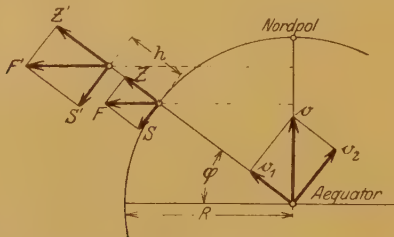


Fig. 5. Wirkung der Rotation auf die Drehwage.

5. Die Drehwage. Etwas mehr Aussicht auf Erfolg verspricht eine Abänderung der Methode in dem Sinne, daß an Stelle der gewöhnlichen Wage eine Drehwage benutzt wird. Die Verwendung der Drehwage beruht darauf, daß infolge des Hinzutretens der Azimutaldrehung ω_1 die Richtung der Fliehkraft in Wirklichkeit nicht lotrecht auf der Erdoberfläche steht, sondern parallel zur Ebene des Erdäquators weist, und zwar an der Erdoberfläche selbst mit dem Betrag

$$F = m R \cos \varphi \cdot \omega^2,$$

in der Höhe h darüber mit

$$F' = m (R + h) \cos \varphi \cdot \omega^2.$$

Von den zugehörigen lotrechten Komponenten (Fig. 5)

$$Z = m R \omega^2 \cos^2 \varphi = m R \omega_2^2,$$

$$Z' = m (R + h) \omega^2 \cos^2 \varphi = m (R + h) \omega_2^2$$

ist soeben die Rede gewesen; daneben sind aber noch die südlichen Komponenten

$$S = m R \omega^2 \cos \varphi \sin \varphi = m R \omega_1 \omega_2,$$

$$S' = m (R + h) \omega^2 \cos \varphi \sin \varphi = m (R + h) \omega_1 \omega_2$$

vorhanden, deren Differenz

$$\Delta S = m h \omega_1 \omega_2 \dots (15)$$

als wagerechte Kraft sich zur Ermittlung durch die Drehwage an sich gut eignet. Ein dies-

bezüglicher Versuch scheint schon 1832 von Hengler¹⁰⁾ ausgeführt worden zu sein; er wurde 1910 von J. G. Hagen¹¹⁾ mit besserem Erfolge wiederholt, ohne daß jedoch eine befriedigende Genauigkeit erreicht worden wäre. Aber wenigstens der Sinn des zu erwartenden Ausschlags der Drehwage war in beiden Fällen einwandfrei nachzuweisen. Wenn die Wage, die bei Hagen in einer bifilar aufgehängten Rolle mit wagerechter Achse bestand, von Ost nach West (Rollachse von Süd nach Nord) orientiert ist, und wenn die östliche Masse zuerst tiefer als die westliche hängt, so muß ein Ausschlag der Wage im Drehsinne NOSW entstehen, sobald die westliche Masse nach unten gelassen, die östliche aber emporgezogen wird.

6. Die gedrehte Wage. Die Versuche sowohl mit der gewöhnlichen (4.) wie mit der Drehwage (5.) sind außerordentlich erschwert durch den Umstand, daß beidesmal Effekte von der Größenordnung ω^2 gemessen werden müssen. Dies rührt davon her, daß in dem für die Fliehkraft maßgebenden Produkte $R \omega^2$ bisher nur der erste Faktor variiert worden ist. Es liegt aber nahe, statt dessen den ersten Faktor festzuhalten und dafür den zweiten zu ändern, und zwar einfach dadurch, daß man dem Versuchskörper eine wagerechte Geschwindigkeit v ostwärts oder westwärts erteilt. Im ersten Fall vergrößert man die Vertikalgeschwindigkeit ω_2 sozusagen, im zweiten verkleinert man sie um ebensoviel, so daß die Masse m des Versuchskörpers im ersten Fall einer vergrößerten, im zweiten einer verkleinerten Fliehkraft unterliegt, also an Gewicht verliert bzw. gewinnt. Die lotrechte Komponente der Fliehkraft wird nämlich während der Bewegung

$$m R \left(\omega_2 \pm \frac{v}{R} \right)^2.$$

Entwickelt man die Klammer und läßt dabei v^2 als klein gegen $R^2 \omega_2^2$ (Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit der Erddrehung) für nicht zu hohe geographische Breiten unbedenklich fort, so kommt ein Gewichtsverlust bzw. -gewinn von der Größe

$$\Delta G = \mp 2 m v \omega_2 = \mp 2 m v \omega \cos \varphi, \dots (16)$$

der für einen 1 kg schweren Körper bei 1 m/sec Geschwindigkeit in unseren Breiten immerhin schon etwa ∓ 10 mg ausmacht.

Auf diese Gewichtsunterschiede wies R. Eötvös hin anlässlich der von Hecker bei Fahrten auf hoher See gemachten Schweremessungen (1901 bis 1908). Nach dem Vorschlage von Eötvös¹²⁾ führt man den Versuch im Laboratorium am besten mit Hilfe eines Wagebalkens aus, der an seinen Enden gleich große Massen trägt und in gewöhnlicher Art um eine wagerechte Achse schwingen kann. Setzt man das Stativ des Wage-

¹⁰⁾ Hengler, Dinglers polyt. Journ. 43 (1832), S. 81.

¹¹⁾ J. G. Hagen, a. a. O., S. 151.

¹²⁾ R. Eötvös, Ann. d. Physik (4) 59 (1919), S. 743. Vgl. auch D. Pekár, Naturwissenschaften 7 (1919), S. 389.

balkens auf eine Drehscheibe (Fig. 6) und läßt diese gleichmäßig um die lotrechte Achse umlaufen, so bewegen sich die Massen abwechselungsweise nach Osten und nach Westen; ihre Gewichte pulsieren im Rhythmus der Drehung und veranlassen den Wagebalken zu Schwingungen um seine wagerechte Achse. Diese sind am größten

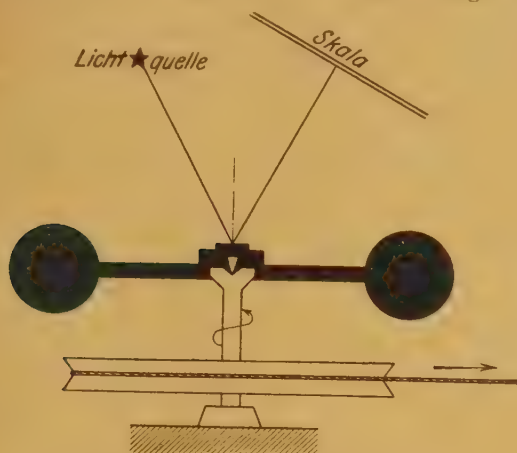


Fig. 6. Eötvös' Versuchsanordnung.

und dann vorzüglich zu beobachten, wenn sie in Resonanz mit den Eigenschwingungen des Wagebalkens gesetzt werden. Eötvös, der einen Vorlesungsversuch dieser Art 1917 vorführte, gab auch an, wie man dabei mit verhältnismäßig einfachen Mitteln wohl bis zu Präzisionsmessungen von wahrscheinlich hoher Genauigkeit gelangen könnte. Übrigens sind die sämtlichen Versuche dieser Gruppe (4., 5. und 6.) durch Umkehrbarkeit ausgezeichnet.

(Fortsetzung folgt.)

Die Regulierung der Blutverteilung in den Kapillaren.

Von U. Ebbecke, Göttingen.

Die Kapillaren nehmen unter den Blutgefäßen eine Sonderstellung ein. Sie sind die Stätten des Gas- und Stoffaustausches zwischen Blut und Gewebe, hier erfüllt sich die Aufgabe, zu deren Vorbereitung der ganze übrige Kreislauf mit Triebwerk, zu- und abführenden Kanälen dient. Zwischen kleinsten Arterien und Venen in einer Länge von durchschnittlich $\frac{1}{2}$ mm eingeschaltet, sind sie Endothelschläuche, deren äußerst zarte Membran die Diffusion ermöglicht und keine glatten Muskelfasern enthält. Da ihr Lumen von der Größenordnung der Blutkörperchen ist, kann in ihnen eine regelrechte geschichtete („laminäre“) Strömung nicht zustandekommen; ja, häufig müssen die Blutkörperchen sich eng zwischen den Wänden einer Kapillare hindurchzwängen, wobei sie eine mehr oder weniger große elastische Deformation erfahren oder steckenbleiben und die Kapillare zeitweilig verstopfen können, während durch eine weite Kapillare auch einige Blutkörperchen nebeneinander hindurchfließen können.

Da so die Reibung in unberechenbarer Weise variiert, trifft, wie von Kries und zuletzt Rothmann zeigten, das sonst für die kleinen Gefäße des Kreislaufs geltende Poiseuillesche Gesetz auf die Kapillaren nicht zu, und die Geschwindigkeit des Blutstroms in ihnen schwankt in weiten Grenzen. Sie beträgt gegen $\frac{1}{2}$ mm/sec. und ist in den letzten Jahren von Hürthle und Basler photographisch registriert worden durch Projektion der sich bewegenden Blutkörperchenschatten auf den Spalt einer rotierenden Filmtrommel.

Während lange Zeit hindurch die Untersuchung der Kreislaufsmechanik sich in erster Linie auf die Funktion der Arterien erstreckte, die, wie der vorhergehende Aufsatz (Heft 23, S. 439) zeigte, durch ihre reflektorischen Tonusänderungen die Regulierung der Blutverteilung für die einzelnen Gefäßgebiete besorgen, und auch bis heute die Funktion der Venen, deren Gefäßmuskeln, vasomotorische und Adrenalinbeeinflussbarkeit man kennt, verhältnismäßig vernachlässigt ist, hat sich neuerdings die Aufmerksamkeit in immer steigendem Maße den Kapillaren zugewandt. Begünstigend wirkte, daß zu den alten, seit Erfindung des Mikroskops benutzten klassischen Untersuchungsobjekten tierischer durchsichtiger Häute (Froschschwimmhaut, -lunge, -zunge, an Säugetieren hauptsächlich das Mesenterium) ein neues menschliches Untersuchungsobjekt hinzukam. Man kann die kleinsten Gefäße in der Bindehaut des menschlichen Auges mit starker Lupenvergrößerung betrachten (Augstein) und kann, wie der Amerikaner Lombard im Würzburger physiologischen Institut zeigte, die Hautkapillaren am lebenden Menschen im auffallenden Licht mikroskopieren, wenn man nur durch Auftupfen von durchsichtigem Öl die Oberflächenunebenheiten und Lichtbrechungsunterschiede ausgleicht. Die Methode der „Mikrokapillarbeobachtung“ ist von E. Weiß in der Tübinger medizinischen Klinik ausgebaut und mit Erfolg angewendet; sie läßt in den Fingerkapillaren am Nagelfalz die schnelle oder langsame, auch „körnige“ Strömung erkennen, gibt Stauungszustände an und zeigt bei manchen Krankheiten charakteristische Formänderungen der Papillarschlingen, so bei chronischen Blutdrucksteigerungen eine Zunahme in Länge und Schlängelung der Schlingen, bei Diabetes eine Erweiterung des Schaltstücks, bei Raynaudscher Erkrankung das Nebeneinander von ungewöhnlich dünnen Schlingen und Riesenschlingen (Halpert). Durch abgestuften Druck auf die Haut kann man unmittelbar beobachten, bei welchem Außendruck eine bestimmte Kapillare leergedrückt wird, und so den kapillaren Blutdruck bestimmen, der, abgesehen von den niedrigeren Zahlen Baslers (8 mm Hg), im Durchschnitt gegen 25 mm Hg gefunden wird. Daß sich dabei herausstellt, wie wenig arterieller und kapillarer Blutdruck einander parallel gehen, wie sogar mit dem Ansteigen des am Oberarm nach

Riva-Rocci gemessenen Blutdrucks, etwa infolge Kälteeinwirkung, ein Sinken des Kapillardrucks einhergeht und umgekehrt, kann bei näherer Überlegung nicht überraschen; denn weit entfernt davon, das Zeichen einer Selbständigkeit der Kapillaren zu sein, ist es nur ein Ausdruck dafür, daß die reflektorische Änderung der peripheren Widerstände hauptsächlich in den kleinen Arterien und Arteriolen geschieht und, wie jedes Röhrenmodell lehrt, diesseits der verengten Stelle der Druck ansteigt, jenseits aber abnimmt.

Es waren andere Gründe, die es nahelegten, die alte Ansicht, wonach Weite, Druck- und Strömungsgeschwindigkeit in den Kapillaren nur passiv durch den Zustand der zuführenden und abführenden Röhren bestimmt werde, zu verlassen und nach Äußerungen einer selbständigen kapillaren Eigentätigkeit zu suchen. Anatomisch und physiologisch war nachgewiesen, daß die Kapillaren trotz fehlender Muskularis kontraktile sind. *Worm-Müller* vermutete aus der Konstanz des Blutdrucks bei künstlich vermehrter Blutmenge, daß die Kapillaren als ein Blutreservoir von wechselnder Weite dienen könnten. *Roy* und *Brown* sahen bei längerdauernder Beobachtung des Kapillarkreislaufs, wie bald diese, bald jene Kapillare des Gesichtsfelds durchflossen oder leer wurde, ohne daß äußere Einflüsse oder Arterienänderungen bemerkbar waren. Nach *Strickers* Vorgang sprach *Golubew* die Wandzellen, deren Kerne anschwellen und, ins Innere vorspringend, das Lumen verlegen können, *Rouget* und *Mayer* faßreifenförmig umspinnende, verästelte Fasern als die kontraktilen Elemente an. Daß beide Mechanismen in Wirkung treten können, zeigte kürzlich *Kukulka*, der durch Adrenalin die Kapillaren zur Kontraktion brachte. Recht einleuchtend waren die Befunde von *Steinach* und *Kahn*, die an den Kapillaren der ausgeschnittenen überlebenden Froschnickhaut zeigten, daß die Kapillaren auch vasokonstriktorisch innerviert sind und sich auf faradische Reizung des zugehörigen sympathischen Nerven so stark zusammenziehen, daß die Kapillarwand gefältelt wird. Hiernach war anzunehmen, daß die Kapillaren sich an einer Arterienkontraktion aktiv beteiligen können. Sie tun das freilich nicht immer, denn, wie schon *Steinach* und *Kahn* angeben, bleiben die Kapillaren mitunter in ihrer Weite unverändert, wenn auf Nervenreizung die nächstgelegenen kleinen Arterien sich stark zusammenziehen.

Hinzu kamen pharmakologische Beobachtungen, die für eine Sonderstellung der Kapillaren sprachen. Auf Grund vorliegender Experimente (*Boehm*, *Pistorius*, *Unterberger*) hatte *Schmiedberg* hervorgehoben, daß das Arsen in eigenartiger Weise die Wandungen der Kapillaren vergifte und diese, alle Kapillargebiete und besonders die Darmschleimhaut betreffende Kapillarerweiterung zugleich mit einer Störung des Stoffaustauschs als primäre Wirkung die weiteren Folgen der Arsenvergiftung zu bedingen scheine. Danach

fand *Heubner* eine ganze Reihe von anderen Giften (Natriumgoldchlorid, Doppelsalze von allerlei Schwermetallen, Emetin und Sepsin) mit ähnlicher kapillarhyperämisierender Wirkung, die er Kapillargifte nannte; *Jacoby* führte die Veronalvergiftung auf Kapillarlähmung zurück, und *Holzbach* zeigte, daß ebenso wie das Arsen, Veronal und Sepsin die bei der Peritonitis im Blute kreisenden Gifte, welche Blutdrucksenkung und Kollaps hervorrufen, auf Grund der Kapillarer-schlaffung wirken, wodurch die Beobachtungen für die Klinik der Infektionskrankheiten Bedeutung gewannen.

Diese Befunde sind nun seit 1914 von drei verschiedenen Seiten her ergänzt worden durch Untersuchungen über lokale vasomotorische Reaktion, über Histaminwirkung und über Sauerstoffversorgung der Gewebe, die unabhängig voneinander, aber übereinstimmend die Eigenart und Selbständigkeit der Kapillaren nachwiesen und über die im folgenden berichtet werden soll.

I. Die Untersuchungen über lokale vasomotorische Reaktion (Ebbecke).

Ebbecke berichtete 1914 über Versuche, die Hautgefäßreaktionen zur Funktionsprüfung der Kapillaren zu verwerten, und demonstrierte an dem Arm eines Kranken, bei dem nach einer, Monate zurückliegenden, Plexuserreißung Sensibilität, motorische und vasomotorische Reflexe aufgehoben waren, die kapillaren Hautreaktionen, die auf mechanische Reizung eintreten. Sie gleichen denen an normaler Haut, nur daß die reflektorische Komponente ausgefallen ist; die scharfe Begrenztheit der Reaktion auf den gereizten Bezirk, die auch gegen einen vermittelnden peripheren Reflex spricht, sowie die gleichmäßige, nicht-fleckige Färbung schließen die Beteiligung größerer Gefäßäste aus. Es ist nun leicht, die Kontraktilität der Kapillaren makroskopisch nachzuweisen an dem weißlichen Streif, der die Haut überzieht, wenn sie durch leichtes Streichen oder mehrfaches Stricheln gereizt war. Die Reaktion, die klinischerseits meist als krankhaft („Dermographismus albus“) angesehen wurde, erweist sich als normal, sie wird begünstigt, wenn die Kapillarwand durch vermehrten Innendruck bereits gedehnt ist, hebt sich in ihrer Färbung am deutlichsten von geröteten Bezirken (Scharlach, leichter Sonnenbrand, chronische Stauung) ab und ist von der direkten Reizung der glatten Arterienmuskeln charakteristisch unterschieden. Während die Arterien erst auf einen recht starken Reiz, etwa den Schlag einer Gerte, auch an der weißen Haut des Schweines nachweisbar, prompt mit lebhafter Kontraktion und entsprechender Hautblässe reagieren, ist der adäquate Reiz für die Hautkapillaren sehr schwach, und die Reaktion tritt langsam mit einer Latenzzeit von 15–30 Sekunden ein.

Wichtiger als die lokale kapillare Kontraktion zeigte sich die lokale Kapillarerweiterung, die

auf stärkere Reize hin eintritt, und zwar stellten sich hier, je nach Stärke und Art der Reizung, verschiedene, durch Übergänge verbundene Grade der Reaktion heraus, einfache Rötung, bläuliche Rötung, Rötung mit punktförmigen, an der Stelle der Haarfollikel gelegenen quaddligen Erhebungen und die einheitliche konfluierende Erhebung der Hautquaddel, oder, allgemeiner ausgedrückt, Übergänge von der reinen Reizhyperämie zu venöser Hyperämie und zu abakterieller — mechanischer, chemischer oder galvanischer — Entzündung und entzündlichem Ödem (Ansammlung von Gewebswasser). Dadurch, daß es gelang, die Kapillarkwirkungen in ganz gleicher Weise bei Reizung der Oberfläche von Leber und Niere der verschiedensten Säugetiere, unter bestimmten Umständen sogar an der Froschleber, wiederzufinden, wurde die Allgemeingültigkeit dieser Reizreaktionen erwiesen.

Zu ihrem Verständnis zog *Ebbecke* Erscheinungen heran, die er an der Schwimmhaut eines unter Curarewirkung gehaltenen Frosches beobachtete, während sie fünf Tage hindurch einer ganz allmählichen, durch Auflegen feuchter Wattebäusche hintangehaltenen Austrocknung ausgesetzt wurde. Auch hier folgen auf das erste Stadium eines spärlichen Kreislaufs eine lebhaft arterielle Hyperämie mit weiten Arterien und starker Strömungsbeschleunigung, wobei immer neue, vorher unbemerkte Kapillaren zum Vorschein kommen, und dann ein Stadium, in dem die Arterien enger, die Venen weiter werden, die Strömung sich verlangsamt, die Färbung des Blutes statt hellgelb deutlich rot erscheint und besonders die Zahl der sichtbaren Kapillaren sich um das Drei- bis Vierfache vermehrt hat. Während nun die Erweiterung der Kapillaren und die Strömungsverlangsamung zunimmt, kommt es zu partiellen Stasen, wo nach Abgabe der Flüssigkeit ins Gewebe die aneinandergelegten Blutkörperchen zu einer scheinbar homogenen roten Masse verklebt sind. Schließlich finden sich ganze Gesichtsfelder, die aussehen wie ein mit zinnobrotem Farbstoff künstlich hergestelltes Injektionspräparat eines besonders dichtmaschigen Netzes weiter Kapillaren, und nur noch an einzelnen Stellen besteht ein Rest von Strömung.

So entspricht das durch osmotische Reizung erzielte mikroskopische Bild einerseits der makroskopischen Hautreaktion mit Rötung, venöser Rötung und Austritt von Flüssigkeit aus den Gefäßen, zuweilen verbunden mit Austritt von Blutkörperchen, andererseits stimmt es ganz mit der Wirkung der Kapillargifte überein, die *Heubner* ebenfalls als starke Hyperämie der kleinen Venen und der an Zahl bedeutend vermehrten Kapillaren bei stark verengten kleinen Arterien schildert. Dabei hat die lokale vasomotorische Reaktion den Vorteil, ein normaler, reversibler Vorgang zu sein, da selbst der stärkste Grad, die Ansammlung von Gewebswasser, an der Haut innerhalb weniger Stunden, an der Leber

innerhalb einiger Minuten zur Norm zurückkehrt. Diese Beispiele zeigen mit voller Deutlichkeit die Selbständigkeit und Unabhängigkeit im Verhalten der Kapillaren, die bei weiten Arterien weniger weit und in einer geringeren Anzahl durchblutet sein können als bei engen Arterien und häufig den Arterien entgegengesetzt reagieren. Andere Beispiele sind die häufig vorkommende blasse Färbung einer sich warm anführenden, die lebhaft Rötung einer sehr kühlen Hand. Wie verschieden sich in diesen beiden Zuständen die kapillare Strömung verhält, zeigt am besten der einfache Versuch, eine Hautstelle, etwa durch die aufgesetzte Fingerbeere, blutleer zu drücken und die Zeit zu messen, innerhalb derer der weißliche Hautkreis sich durch Einfließen des Blutes von den Rändern her wieder füllt; das geschieht im ersten Fall fast augenblicklich und beansprucht im zweiten Fall mehrere Sekunden; Druck und Geschwindigkeit sind also in den engen Kapillaren größer als in den weiten, weil hierfür diesmal der Zustand der Arterienweite bestimmend ist. Beachtet man die weißlichen und rötlichen Fleckchen, die sich unter Umständen an der warmen Handinnenfläche vorfinden, so kann man an ihrem innerhalb einer Viertelstunde sich vollziehenden Gestaltwechsel und Wandern die spontanen selbständigen Schwankungen der Kapillarweite unmittelbar sehen.

Besonderen Wert legte *Ebbecke* darauf, daß es sich bei den durch die verschiedensten Reizmittel in gleicher Weise erzielten kapillaren Reaktionen im Grunde immer um eine chemische Regulierung der Kapillarweite handeln müsse. Denn mit der kapillaren Hyperämie und Lymphbildung geht zugleich eine Gewebsreizung einher, und der Grad jener Reaktion entspricht dem Grade, in welchem das Gewebe empfindlich und gereizt ist; die Gefäßreaktion wird also in vielen Fällen erst vermittelt durch chemische Stoffe, die aus dem Stoffwechsel des Gewebes stammen. Diese Deutung wird durch mehrere andere Tatsachen gestützt. So ist die Reaktion schwach oder fehlt an narbigem oder bindegewebsreichem, wenn auch gut durchblutetem Gewebe und ist am lebhaftesten an Organen mit reichlichem Stoffwechsel (Leber, Niere). Sie ist ebenso wie der Gewebstoffwechsel abhängig von der Temperatur, geschieht lebhaft und rasch unter rascher Rückbildung bei hoher Temperatur und ist bei niedriger Temperatur träg und anhaltend; beispielsweise genügt an einem durch sehr warmes Wasserbad erwärmten Arm ein leichter Druck zu einer sofort eintretenden und bald verschwindenden Rötung, während am kühlen Arm die Reaktion gar nicht oder erst auf starken Reiz mit einer Latenzzeit von vielen Sekunden eintritt. Mittel, welche die sensiblen Nervenendigungen stark reizen, wie Faradisierung, Senföl, Crotonöl, sind relativ unwirksam gegenüber anderen, die eine Gewebsreizung setzen, wie eine schwache, für die Empfindung indifferente, aber langdauernde Galvani-

sierung. Vor allem ließen sich die Erfahrungen der Dermatologen heranziehen, die sich mit der Entstehung und experimentellen Erzeugung der Nesselsucht (*Urticaria*) beschäftigt (*Philippson, Török und Hari, Weidenfeld, Bruck* u. a.), und eine besondere Wirksamkeit bestimmter chemischer Stoffe wie Pepton, Cadaverin, Trypsin, Morphin (*Philippson*) und Histamin (*Eppinger*) nachgewiesen hatten. Eine genaue Untersuchung von Menschen mit Überempfindlichkeit der Haut (*Urticaria factitia*) ergab nun beispielsweise, daß an einem Fall, bei dem durch schwächsten Reizgrad eine kapillare Kontraktion erzielt wurde, danach scheinbar spontan nach etwa einer Minute eine lebhaft Hyperämie einsetzte, die zu Quaddelbildung führte, oder daß ein Reiz, der das lokale Ödem hervorrief, unmittelbar nach Rückbildung der Quaddel aufs neue appliziert, nicht mehr diesen Erfolg hatte. Als direkte Kapillarreizung oder Kapillarschädigung waren die Beobachtungen nicht zu erklären, als Gewebsreizung mit langsamer Bildung kapillarerweiternder Stoffwechselprodukte oder mit „Erschöpfung“ solcher Stoffe wurden sie verständlich.

Mit der Feststellung der lokalen vasomotorischen Reaktion als einer Kapillarreaktion und einer Gewebsreaktion waren nun zwei Vorteile gewonnen. Einmal lösten sich damit eine Reihe von Widersprüchen auf. Wenn etwa bei Untersuchungen über die Hirndurchblutung eine mit Registrierung der Arterienstromgeschwindigkeit operierende Methode „Abnahme der Durchblutung“ feststellte, während unter sonst gleichen Bedingungen ein mit plethysmographischen Methode arbeitender Untersucher „Zunahme der Durchblutung“ fand, so werden die scheinbaren Gegensätze vereinbar, da sie zusammengenommen eine stärkere Füllung der Kapillaren bei verengten Arterien und verlangsamter Strömung bedeuten. Es zeigt sich, wie wichtig es sein kann, unter Umständen zwischen einer durch Arterienverengung und einer durch Kapillarerweiterung bedingten Hyperämie streng zu scheiden. Vermutlich wird es, obgleich hierüber genaue Untersuchungen fehlen, für die Ernährung des Gewebes einen großen Unterschied ausmachen, ob eine gewisse Blutmenge in raschem Fluß durch die Kapillaren hindurchgeht oder ob die gleiche Blutmenge in der Zeiteinheit durch eine langsame Bewegung des Blutes an den Endothelwänden entlanggeführt wird; im ersten Fall wird voraussichtlich der Gasaustausch, im zweiten die Diffusion anderer Nährstoffe und Stoffwechselprodukte begünstigt sein. Ebenso wenn in scheinbarem Widerspruch eine Reihe von Mitteln bei ihrer Untersuchung mit dem Laewen-Trendelenburgschen Froschpräparat oder dem Krawkow-Pissemiskischen Ohrpräparat eine Gefäßverengung und Verminderung der Durchflußmenge zur Folge hatten, bei subkutaner Injektion dagegen starke lokale Hyperämie bewirkten, so werden die daran geknüpften Vermutungen hinfällig, da es

sich im einen Fall um eine Arterienwirkung, im andern Fall um eine durch Gewebsreizung vermittelte Kapillarwirkung handelt.

Zweitens war nun die Möglichkeit gegeben, die lokale vasomotorische Reaktion als ein kleines Paradigma für eine allgemeine Gesetzmäßigkeit zu betrachten und einen größeren Zusammenhang herzustellen. In diesen Zusammenhang trat die Biersche „reaktive Hyperämie“ nach künstlicher Blutleere, die ebenfalls, wie Bier gezeigt hatte, unabhängig von der Nervenversorgung ist und, wie sich nun zeigen ließ, in ihrer Intensität ganz von Temperatur und Stoffwechselhöhe des abgeschnürten Gliedes abhängt. Sowohl die lokale vasomotorische Reaktion wie die reaktive Hyperämie wurden Spezialfälle der „funktionellen Hyperämie“, wenn man von ihr die reflektorische Komponente in Abzug bringt. Hier sind besonders die Untersuchungen von *Barcroft* und *Piper* über die indirekte, auf Bildung von Stoffwechselprodukten beruhende Wirkung des Adrenalins auf die Durchblutung der Speicheldrüse hervorzuheben. Andererseits stellten sich Beziehungen her zu den Gefäß- und Gewebsveränderungen bei entzündlichen und anderen krankhaften Vorgängen. So dient die Quaddel als ein kleines, experimentell leicht erzeugbares und beeinflussbares Muster einer abakteriellen Entzündung oder „nutritiven Reizung“. Mit demselben Recht, mit dem die Entzündung wohl als lokales Fieber bezeichnet worden ist, kann man das Fieber als eine generelle Entzündung bezeichnen; dann läßt sich aber auch in bezug auf die vasomotorische Reaktion vom Teil aufs Ganze schließen und der lokalen Hyperämie und Lymphbildung die allgemeine Gefäßwirkung und lymphagogische Wirkung gegenüberstellen. Tatsächlich sind die Analogien zwischen der lokalen und der Allgemeinwirkung eines „Schokgiftes“, wie es das Pepton oder der in ihm vermutete wirksame Bestandteil — Peptozym (*Pick und Spiro*), Vasodilatin (*Popielski*) — ist, auffällig genug, sobald man darauf aufmerksam geworden ist. Eiweißgifte, anaphylaktische Gifte, Bakterientoxine, Organextrakte schließen sich an. So ergeben sich weitreichende Beziehungen, die hier nur angedeutet werden können und die zu weiterer Untersuchung auffordern.

Auf Grund seiner Befunde stellte *Ebbecke* das Prinzip einer chemischen Regulierung der kapillaren Blutverteilung neben den bekannten, vom Zentralnervensystem vermittelten vasomotorischen Mechanismus.

II. Die Untersuchungen über Histaminwirkung (*Dale and Richards, Dale and Laidlaw*).

Histamin = β -Imidazolyläthylamin, das durch Dekarboxylierung aus dem Histidin ableitbare Amin, 1907 von *Windaus* und *Vogt* synthetisch dargestellt, hatte sich als ein überaus wirksames pharmakologisches Agens erwiesen und war in seiner Wirkung 1910 von *Dale* und *Laidlaw* und

weiterhin von vielen anderen Autoren untersucht. Es ließ sich als ein typisches Reizgift für glatte Muskulatur (des Darmes, der Arterienwand, des Uterus) charakterisieren. Wenige Milligramm davon genügen bei intravenöser Injektion, um unter den Erscheinungen des Histaminschoks den Tod eines Tieres herbeizuführen. Dagegen wird es, per os eingenommen, recht gut vertragen. *Eppinger* fand 1913 seine Hautwirkung und *Sollmann* und *Pilcher* bestätigten und erweiterten 1917 diesen Befund bei ihren Untersuchungen über „endermische Reaktionen“, indem sie, ähnlich wie es *Philippson* an der Bauchhaut von Tieren getan hatte, nun in Selbstversuchen an menschlicher Haut die quaddelbildende Wirkung von allerlei Substanzen ausprobierten. Von allen diesen Stoffen, die charakteristischerweise bei intrakutaner, nicht bei subkutaner Einführung ihre volle Wirkung entfalten, ist das Histamin derjenige, der bei weitaus der geringsten Verdünnung (bis zu 1 : 100 000) noch wirksam bleibt.

Während des Krieges ging *Dale* daran, einen Widerspruch aufzuklären, der in der Histaminwirkung zu bestehen schien, insofern trotz der typischen Reizwirkung auf die glatte Muskulatur der Histaminschok, freilich nur bei Fleischfressern (Katze, Hund), Geflügel und Affen, nicht bei Pflanzenfressern (Kaninchen, Meerschweinchen), mit maximaler Blutdrucksenkung einhergeht. Angeregt auch durch die im Kriege besonders dringliche Frage nach der Herkunft und Bekämpfung des traumatischen und chirurgischen Schocks, untersuchte er gemeinschaftlich mit *Richards* die Gefäßwirkung kleinster, bei intravenöser Injektion eben wirksamer, und in Gemeinschaft mit *Laidlaw* die Wirkung etwas größerer Histamindosen. Dabei zogen die Autoren zum Vergleich auch die Gefäßwirkungen von Adrenalin und Acetylcholin in den Kreis ihrer Betrachtung. Mit Hilfe einer ausgezeichneten Technik, welche die Änderung von Färbung, Temperatur, Volumen, Blutdruck und, an isoliert durchspülten Gliedern und Organen, Venenausfluß gleichermaßen berücksichtigte und registrierte, stellten sie folgende Tatsachen fest.

Während an ausgeschnittenen Arterienstreifen und an isolierten Organen, die nach der gewöhnlichen Methode mit Ringerlösung oder defibriertem Blut durchspült werden, das Histamin stets konstriktorisch wirkt, zeigt sich unter bestimmten Bedingungen für das Histamin, und auch für das Adrenalin, eine Umkehrung des Erfolges; Acetylcholin in kleinen Dosen wirkt unter allen Umständen gefäßerschlassend. Wird einer in Äthernarkose liegenden Katze 0,01 mg Histamin oder 0,004 mg Adrenalin oder 0,001 mg Acetylcholin intravenös injiziert, so ist der Erfolg aller drei Substanzen außerordentlich ähnlich, unter tiefem Absinken des Blutdruckes tritt sofort eine erhebliche Zunahme des Beinvolumens ein und schon nach 2—3 Minuten sind die ursprünglichen Verhältnisse zurückgekehrt. Mit Nervenversor-

gung cerebros spinaler oder sympathischer Art hat die Wirkung nichts zu tun, ja, nach Durchschneidung und Degeneration aller Nerven scheint die betreffende Extremität nur noch empfindlicher auf periphere Gefäßmittel (auch Amylnitrit und Kaffein) zu reagieren. Besteht, etwa unmittelbar nach Nervendurchschneidung durch Ausfall der Vasokonstriktoren und mechanische Reizung der Dilatoren, schon vor Beginn der chemischen Wirkung ein herabgesetzter Arterientonus, so ist das der Histamin- und Adrenalinwirkung nicht hinderlich, oft förderlich, die Acetylcholinwirkung dagegen fällt geringer aus. Wird die Gefäßweiterung aber durch zeitweilige Blutleere erzielt, so kann während der reaktiven Hyperämie die Histaminwirkung völlig aufgehoben, die Acetylcholinwirkung dagegen wohl erhalten sein. Wärme begünstigt, Kälte beeinträchtigt die Histaminwirkung. Die Folgerung aus diesem gegensätzlichen Verhalten ist: Die dilatorische Acetylcholinwirkung, und ebenso die konstriktorische Wirkung von Histamin und Adrenalin, erstreckt sich auf die Arterien und kommt aus rein mechanischen Gründen am vollsten zur Entfaltung, wenn der Arterientonus vorher in entgegengesetztem Sinne verändert war; die dilatorische Wirkung von Histamin und Adrenalin dagegen bezieht sich nicht auf die Arterien; also muß sie die Kapillaren betreffen, welche Folgerung durch Beachtung der Farbenänderungen an der Katzenpfote gestützt wird.

Damit klären sich auch die starken individuellen Variationen der Gefäßwirkung. Abgesehen von der individuellen Allgemeinempfindlichkeit — die größte Empfindlichkeit zeigte eine Katze, die schon auf 0,000 000 01 mg Histamin reagierte, während andere Tiere immun für Histamin sind; durch Narkose wird die Empfindlichkeit gesteigert —, kommt als Erfolg einer Injektion sowohl Konstriktion als Dilatation als auch eine Kombination und Abwechslung von beiden vor. Das bedeutet nun, daß im Adrenalin und Histamin eine arterienverengende und eine kapillarerweiternde Komponente enthalten ist, von denen bald die eine, bald die andere überwiegt. Den Beweis hierfür liefert die Beobachtung, daß bei irgendeiner Schädigung des Versuchstiers, etwa durch zu lange Ausdehnung des Versuches, für das Adrenalin die dilatorische Wirkung in die konstriktorische umschlägt und daß es selbst für das Histamin gelingt, am durchspülten isolierten Organ die dilatorische Wirkung zu zeigen, wenn nur, durch Zusatz von Adrenalin 1 : 5 Millionen zum Hirudinblut oder zu einer, mit roten Blutkörperchen versehenen Ringerlösung, für die geeigneten Vorbedingungen gesorgt ist. Ein Präparat aus dem von der Darmschlinge abgetrennten Mesenterium, bei dem die Durchspülung nur durch Arterien bis zu den feinsten arteriellen Verzweigungen geleitet wird, ergibt auf Histamin nur Konstriktion, auf Acetylcholin Erweiterung.

Durch diese Untersuchungen wird die Selbst-

ständigkeit und die Bedeutung der Kapillaren in helles Licht gesetzt.

In konsequenter Fortführung ließ sich der Histaminschok als eine gesteigerte, aber im Grunde gleichartige Wirkung erweisen, am besten dadurch, daß der vasodilatorische, die Blutströmung beschleunigende Erfolg kleiner Histamindosen bei fortgesetzter weiterer sehr langsamer Zufuhr ebensolcher Dosen kontinuierlich in den Schok mit versagendem Kreislauf, Koma und Kollaps übergeführt werden konnte. Das Tier liegt schlaff und apathisch da mit blaß-bläulichen Schleimhäuten, ohne künstliche Erwärmung sinkt die Körpertemperatur rasch ab. Dabei bleibt der Herzschlag kräftig, kann aber nur wenig fördern, weil dem Herzen wenig Blut zufließt, so daß die rechte Herzkammer in der Diastole schlaff und gefaltet aussieht. Das Blut hält sich weder in den großen Venen noch in den Arterien auf. Die Arteriolen sind drahtdünn, dagegen sind Kapillaren und kleine Venen überfüllt, und in den Kapillaren und mikroskopischen Venen, wie sie am besten am bloßgelegten Pankreas zu beobachten sind, zeigt sich verlangsamte körnige Blutströmung oder Stagnation. Auch nach Entfernung der Eingeweide kommt der Schok zustande; ist vorher für Vermehrung der Blutmenge gesorgt, so kommt auch an den Muskeln die tiefröte Färbung heraus; die kapillare Anhäufung betrifft alle Körperteile. Der Befund läßt in seiner Anschaulichkeit keinen Zweifel, das Tier hat sich in seine Kapillaren verblutet, von denen gewöhnlich nur ein kleiner Teil in Anspruch genommen wird, während hier das gesamte kapillare Netzwerk eröffnet ist.

Mit der Kapillarerweiterung geht eine vermehrte Durchlässigkeit der Kapillarwände einher, die sich in einer Eindickung des Blutes äußert: Zunahme des prozentualen Hämoglobingehaltes und der Zahl der roten Blutkörperchen im Verhältnis 5 : 3, Abnahme der gesamten, mittels der Vitalrotmethode geschätzten, Flüssigkeitsmenge des Blutes bis auf die Hälfte der Norm. Es wird reichlich Flüssigkeit vom Blut ins Gewebe abgegeben, und entsprechend findet ein stark gesteigerter Lymphfluß durch den Ductus thoracicus statt. Da der refraktometrisch bestimmte Eiweißgehalt des Plasmas nicht verändert ist, muß es sich um Abgabe eiweißreicher Flüssigkeit handeln; eine eintretende Verarmung des Blutes an weißen Blutkörperchen zeigt an, daß die Eindickung des Blutes sogar überkompensiert wird durch die Auswanderung weißer Blutkörperchen, besonders der amöboid am meisten beweglichen polymorphkernigen Leukocyten. Durch Acetylcholin läßt sich bei länger fortgesetzter sehr langsamer Infusion zwar eine ebenso tiefe Blutdrucksenkung, aber niemals ein Schok erzielen.

Da es sich bei den Eiweißgiften, Bakteriengiften, anaphylaktischen Giften, Organextrakten, den Kapillargiften und schließlich den Giften, die nach Bayliss und Cannon bei Unfällen oder

Operationen durch Quetschung von Darm oder Muskulatur in den Kreislauf gelangen und einen Schok herbeiführen, um Wirkungen vom selben Typus handelt, wächst die Bedeutung des Befundes. Chemisch sind diese Stoffe zum Teil völlig verschieden. Ihr Gemeinsames sieht Dale in einer Vergiftung des Kapillarendothels.

Den von Dale vermiedenen Schluß, daß die Wirkung der organischen Schokgifte auf ihren Histamingehalt zurückzuführen sei, haben seither Abel und Kubota gezogen; er ist aber bereits durch Hanke und Roeßler widerlegt, die ein sicher histaminfreies Pepton nicht weniger wirksam fanden. Doch kommt Histamin in allen nicht vor bakterieller Zersetzung geschützten Eiweißpräparaten und eiweißhaltigen Nahrungsmitteln reichlich vor.

Daß die Daleschen Untersuchungen für die Physiologie und Klinik des Kreislaufs von großer Wichtigkeit sind, ist leicht zu sehen, da das Histamin als Vertreter einer Gruppe von Stoffen erscheint, die schon in winzigen Mengen Wirkungen auf die Kapillarweite entfalten und von denen es nicht unwahrscheinlich ist, daß sie unter Umständen auch im Organismus selbst gebildet werden. Besonders wenn wir die Untersuchungen in Zusammenhang setzen mit dem, was sonst über Gefäßreflexe und Kapillarreaktionen bekannt ist, fällt auf, wie sehr die soeben mitgeteilten Symptome der allgemeinen Kreislaufwirkung übereinstimmen mit den Symptomen der lokalen vasomotorischen Reizwirkung, die im vorübergehenden Abschnitt geschildert waren und sich etwa an der einer langsamen Austrocknung ausgesetzten Froschschwimmhaut, an einer mechanisch gereizten Haut oder Leber oder nach lokaler Histaminwirkung an Haut und Pankreas vorfinden. Es ist nur nötig, die Verhältnisse aus dem großen Maßstab in den kleinen zu übertragen, um die Ähnlichkeit bis in die einzelnen Züge verfolgen zu können. Die Sonderstellung der Kapillaren, die Unabhängigkeit von der Nervenversorgung, die Abhängigkeit von der Temperatur, die individuellen Variationen und Empfindlichkeitsschwankungen, die rasche Rückkehr zur Norm bei den schwachen Reizgraden, die graduellen Übergänge von funktioneller Hyperämie zu venöser Hyperämie und schließlich zu Ödem und Lymphbildung finden sich bei der allgemeinen wie bei der Lokalwirkung. Es ist dasselbe Geschehen, das der Untersuchung von zwei verschiedenen Seiten her zugänglich wird.

Wenn Dale bei diesem Reaktionstypus die Wirkung auf das Kapillarendothel als das wesentliche ansieht, während wir die Kapillarreaktion zugleich als eine Gewebsreaktion auffaßten, so scheint darin ein Differenzpunkt gelegen. Doch lassen sich außer den Befunden von Barcroft und Piper auch Dales eigene Versuche für die zweite Auffassung heranziehen. Wenn sonst bei einer, durch Blutentziehung oder Amylnitrit bewirkten, Blutdrucksenkung unmittelbar ein reichlicher Zu-

fluß von Gewebswasser zum Blut erfolgt, so erweist sich darin die große Durchlässigkeit der Kapillärwände; wenn aber bei der Histaminwirkung der Flüssigkeitsdurchtritt in entgegengesetzter Richtung geschieht, so muß dafür ein weiterer Anlaß vorliegen. Erst recht scheint der Austritt von Eiweiß und die Auswanderung weißer Blutkörperchen für das Bestehen entzündlicher Gewebsveränderungen zu sprechen. Ebenso wird der Inhalt einer Urtikariaquaddel eiweißreich gefunden und ergibt ihre histologische Untersuchung das Vorhandensein von, wahrscheinlich chemotaktisch angelockten, weißen Blutkörperchen, die sogar durch einen rasch einsetzenden Kernzerfall (*Gilchrist*) die Begegnung mit giftigen Gewebssubstanzen verraten. Wie die Kapillarreaktion zugleich eine Gewebsreaktion ist, so sind die Kapillargifte meist zugleich Stoffwechselgifte, entzündlich wirkende und fiebermachende Substanzen. Lassen sich die leichtesten flüchtigen Folgen einer Histaminwirkung mit normalen Reizreaktionen vergleichen, so sind in dem Syndrom der stärksten Histaminwirkung Erscheinungen wiederzuerkennen, die sich bei den schweren infektiösen Erkrankungen wie Bauchfellentzündung, Grippe, Sepsis finden und zum Kollaps und Schok führen können und deren Verständnis durch die Analyse der Histaminwirkung gefördert ist.

III. Die Untersuchungen über Sauerstoffversorgung des Gewebes (*A. Krogh*).

Von einer ganz andern Seite her kam der dänische Physiologe *A. Krogh* dazu, die Fragen des Kapillarkreislaufs selbständig und ohne Kenntnis der soeben beschriebenen Untersuchungen in Angriff zu nehmen und durch seine, mit dem Nobelpreis ausgezeichneten Untersuchungen zu entscheiden.

Auf Grund seiner Arbeiten über Atmung und Blutgase wurde ihm wichtig zu wissen, wie schnell der Sauerstoff durch tierisches Gewebe hindurchdiffundieren könne und wie groß der Weg sei, den der Sauerstoff dabei durchschnittlich von den Kapillaren zu den Stellen des Verbrauchs zurückzulegen habe. Denn diese beiden Faktoren müssen neben der Geschwindigkeit des Blutstroms die Sauerstoffversorgung des Gewebes bestimmen. In messenden Versuchen fand er die Diffusionsgeschwindigkeit in tierischem Gewebe erheblich, über die Hälfte, kleiner als in Wasser oder Gelatine. Um den Durchmesser des Versorgungsbereichs einer Kapillare und damit den weitesten Weg der diffundierenden Moleküle zu berechnen, injizierte er die Gefäße von Muskelpräparaten mit allerlei Farbflüssigkeiten, wobei sich chinesische Tusche als besonders zweckmäßig herausstellte, und zählte die in der Flächeneinheit mikroskopisch sichtbaren Kapillarpunkte. Muskelkapillaren waren durch ihre regelmäßige, dem Faserverlauf parallele Anordnung für die Untersuchung zweckmäßig, schwierig aber und nur unter Anwendung

sehr hoher Injektionsdrucke möglich war es, sämtliche Muskelkapillaren postmortal gut zu injizieren. War das gelungen, so zeigten sich die Kapillaren auffallend dicht gelagert. An Kaltblütern war die Zahl der Kapillaren pro mm² kleiner als an Warmblütern, an großen Säugetieren kleiner als an kleinen Säugetieren, entsprechend der Höhe des Stoffwechsels. Aber für alle Punkte des Muskels konnte *Krogh* mit Hilfe einer mathematischen Formel die Sauerstoffspannung als nahezu gleich der Sauerstoffspannung des Kapillarbluts berechnen, so daß hiernach der Muskel jederzeit mit einem reichlichen Überschuß von Sauerstoff versorgt wäre.

Dieses zweite Resultat, um dessentwillen *Krogh* seine Untersuchung begonnen hatte, erschien ihm von vornherein verdächtig oder unvollkommen. Denn nach *Verzár*, *Barcroft* und *Gaarder* war die Sauerstoffspannung eines ruhenden Muskels nahezu Null, der ruhende Muskel verbrauchte bereits allen ihm zugeführten Sauerstoff. Für den Fall, daß sein Gasstoffwechsel durch angestrengte Arbeit auf das Zehnfache stieg, war nicht einzusehen, wie allein durch Strombeschleunigung und Kapillarerweiterung der gesteigerte Bedarf gedeckt werden könne, da die Sauerstoffspannung des Kapillarbluts nicht mehr zu-, höchstens abnehmen konnte. Um den Widerspruch zu beheben, faßte *Krogh* folgenden Gedanken: Von sämtlichen Kapillaren sind jeweils in der Ruhe nur eine verhältnismäßig kleine Zahl eröffnet und für den Blutstrom durchgängig, in der Arbeit aber wird die Zahl der in Betrieb genommenen Kapillaren vergrößert und damit die Entfernung vermindert, welche die diffundierenden Sauerstoff- und Nahrungsmoleküle zurückzulegen haben. Die Richtigkeit dieses Gedankenganges bewies *Krogh* durch direkte Beobachtung.

Mit einer ausgezeichneten, nachträglich einfach erscheinenden Methodik zählte er die Kapillaren an Muskeln, die er teils mit durchfallendem, großenteils mit reflektiertem Licht (starke Lichtquelle und Binokularlupe) mikroskopierte. Er machte die Kapillaren deutlicher, indem er das Licht durch den eingeschalteten Lichtfilter einer verdünnten Methylenblaulösung färbte, wobei sich die Blutgefäße schwarz auf blaugrünlichem Grunde abheben, oder brachte an Fröschen und Meerschweinchen die chinesische Tusche schon intravital in den Kreislauf. So wurden beim gewöhnlichen Blutdruck nur die jeweils eröffneten Kapillaren injiziert, deren Zahl sich an lebenden durchbluteten Muskeln oder an tot an mikroskopischen Schnittpräparaten feststellen ließ. Nun war an den verschiedensten Muskeln unmittelbar zu sehen, wie gering die Zahl der sichtbaren Kapillaren im ruhenden Muskel und wie außerordentlich groß die Zunahme der Kapillanzahl ist nach Einwirkung einer durch faradische Reizung erzielten Muskeltätigkeit oder einer Muskelmassage. Schon dem bloßen Auge zeigen sich die

durch Tetanisierung gereizten Muskeln eines intravital injizierten Frosches fast schwarz, während die meisten andern Muskeln blaß aussehen. Die ungereizte Zunge ist weißlich, auch die Schleimhäute des leeren Magens und Darms sind verhältnismäßig blutleer; die Leber dagegen färbt sich immer heinschwarz, und auch das Gehirn erscheint regelmäßig reichlich durchblutet. Der äußere Anblick wird durch den mikroskopischen Befund ergänzt. Besser als ausführliche Beschreibung verdeutlichen es die Abbildungen, die der Kroghschen Arbeit „Die Sauerstoffversorgung der Gewebe und die Regulierung des Kreislaufs“ entnommen sind¹⁾. Man sieht (Fig. 1), wie die

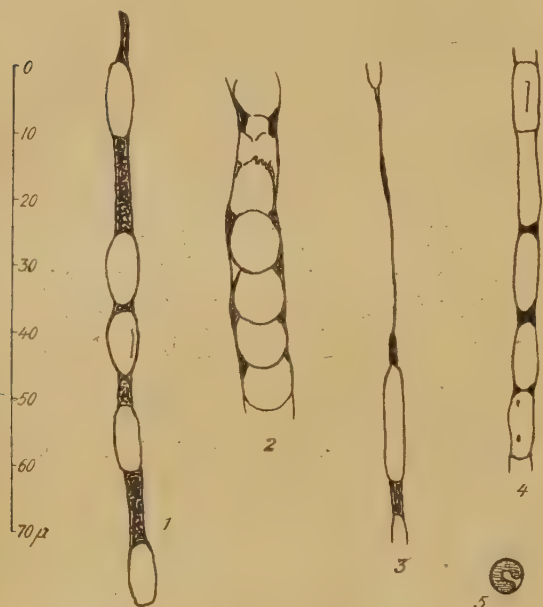


Fig. 1.

Blutkörperchen, die sich hell von der schwarzen Flüssigkeit absetzen, bald die Kapillare in dichter Reihe ausfüllen, bald nur mit großen Zwischenstrecken, in denen das Kapillarlumen verschwunden ist, einzeln daliegen; im zweiten Fall erleiden die Blutkörperchen erhebliche Deformationen, ihre Kanten werden eingerollt und zueinandergebogen (Nr. 5 der Fig. 1), so daß, wie Krogh sagt, die plastische Nachgiebigkeit und die Elastizität der Blutkörperchen gleich bewundernswert sind. Wesentlicher noch als die wechselnde Weite der Kapillaren, deren Radius die Diffusion nur in geringem Maße ändert, ist ihre wechselnde Zahl. Fig. 2, welche optische Schnitte von gleichen Teilen dreier Muskeln wiedergibt, in denen die Zahl der Kapillaren im qmm 200, 700 und 2500 beträgt, gibt ein Bild dieser Verhältnisse. Der Weg, den die Moleküle von den Kapillaren zum Gewebe zurückzulegen haben, ist ganz

¹⁾ Herrn Prof. Krogh möchte ich für die Freundlichkeit, mit der er mir seine Abbildungen für die Reproduktion zur Verfügung stellte, auch hier meinen besten Dank aussprechen.

verschieden. Das Ergebnis ist durch seine einfache Anschaulichkeit besonders eindrucksvoll.

Seine Befunde führten Krogh zu zwei, mit aller Bestimmtheit ausgesprochenen Schlüssen. Einmal ist die makroskopisch sichtbare, klinisch als hyperämisch oder anämisch bezeichnete Färbung in erster Linie vom Zustand der Kapillaren abhängig, nicht nur an Muskeln, auch an Haut und Schleimhäuten und den andern Organen. (Damit ist auch die Gültigkeit der aus der makroskopischen Beobachtung der Lokalreaktionen gezogenen Schlüsse implicite ausgesprochen.) Zweitens ist die vasomotorische Regulierung zu trennen in einen arteriomotorischen

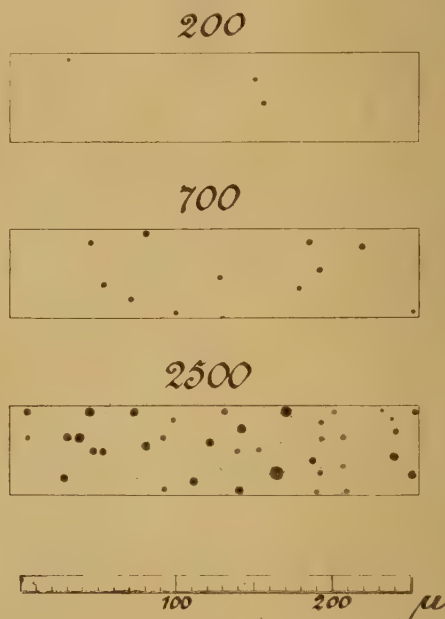


Fig. 2.

Mechanismus und einen „kapillarmotorischen Mechanismus“ von nicht geringerer Wichtigkeit, von denen jener mehr den kapillaren Druck, dieser mehr die kapillare Strömung reguliert.

In einer Serie von „Untersuchungen über den kapillarmotorischen Mechanismus“ hat Krogh begonnen, die Einflüsse zu bestimmen, von denen die Kapillarweite abhängt. In der bisher vorliegenden ersten Mitteilung, in der er lokale chemische, elektrische, mechanische und thermische Reizwirkungen auf die mikroskopisch beobachteten Gefäße der Froschzunge beschreibt, legt er besonderen Wert auf die Feststellung, daß eine passive Dehnung und Eröffnung der Kapillaren von seiten der Arterien keine Rolle spiele. Auch er findet die Nervenversorgung für den Kapillartonus nicht maßgebend und führt die verschiedene Tonisierung auf die chemische Wirkung einer, noch unbekannten, Substanz zurück.

Ein Punkt, in dem die Kroghsche Darstellung des Kapillarverhaltens scheinbar abweicht, ist, daß Krogh die Entstehung der lokalen Reizreaktionen einer Nervenvermittlung zuschreibt, da er

bei seinen Versuchen an der Froschzunge eine deutliche und ausgebreitete Erweiterung der Kapillaren und auch der kleinsten Arterien und Venen nur bei erhaltenen oder bei durchschnittenen, aber noch nicht degenerierten Nerven eintreten sieht, während nach Durchschneidung und Degeneration der Nerven der Erfolg sich auf den unmittelbar gereizten Bezirk beschränkt. Daß Krogh diesem zweiten Umstand geringere Bedeutung beilegt, erklärt sich daraus, daß er bei seinem Versuchsobjekt möglichst kleinflächige und punktförmige Reize anzuwenden pflegte. Wählt man aber Reize von großer Ausdehnung, wie es an der menschlichen Haut leicht möglich ist, so wird die von jeder Nervenvermittlung unabhängige, direkte Reizwirkung ohne weiteres deutlich. Auch neuerdings hat wieder Spors beschrieben, daß die Histaminquaddel auch an kokainisierter menschlicher Haut zustandekommt.

Fassen wir das Ergebnis der Untersuchungen zusammen, so sehen wir die früheren Vorstellungen über die Regulierung der Blutverteilung wesentlich ergänzt. So wichtig auch der wechselnde, nervös regulierte Tonus der Arterien für den Blutstrom bleibt, so ist doch das davon unabhängige Verhalten der Kapillaren nicht minder wichtig, im normalen wie im krankhaften Kreislauf; zu den Gefäßreflexen kommen die lokalen Reaktionen hinzu. Im Gleichnis des Zellenstaats gesprochen, sorgt eine zentrale Verwaltung mittels der Reflexe für die jeweiligen gegeneinander abgewogenen Nahrungsbedürfnisse der Organe mit besonderer Berücksichtigung des Gehirns; daneben besteht, als eine Art Selbstverwaltung, eine chemische Regulierung durch Stoffwechselprodukte, welche unabhängig vom Zentralnervensystem, zum Teil unterstützt durch vaskuläre Nervenetze, die lokalen individuellen Bedürfnisse der Gewebszellen zum Ausdruck bringt.

Literatur.

- U. Ebbecke, Die chemische Regulierung der Blutverteilung, *Centr. bl. f. Physiol.* 1914, S. 725.
- U. Ebbecke, Die lokale vasomotorische Reaktion der Haut und der inneren Organe, *Pflüg. Arch.* 1917, Bd. 169, S. 1.
- Dale and Richards, The vasodilator action of histamine and of some other substances, *Journ. of Physiol.* 1918, Bd. 52, S. 100.
- Dale and Laidlaw, Histamine shock, *Ibid.* S. 355.
- A. Krogh, The rate of diffusion of gases through animal tissues, *Journ. of Physiol.* 1919, Bd. 52, S. 391.
- A. Krogh, The number and distribution of capillaries in muscles, *Ibid.* S. 409.
- A. Krogh, The supply of oxygen to the tissues and the regulation of the capillary circulation, *Ibid.* S. 457.
- A. Krogh, Studies on the capillariomotor mechanism, *Ibid.* 1920, Bd. 53, S. 399.

Botanische Mitteilungen.

Die Nachkommenschaft aus amphimiktisch und apogam entstandenen Sporen von *Chara crinita*. (A. Ernst, *Zeitschr. f. indukt. Abstgsl.* 25, 1921.) Es ist schon lange bekannt, daß das Armleuchtergewächs

Chara crinita in 2 Formen auftritt: in einer parthenogenetischen, nicht mehr befruchtungsbedürftigen und in einer zweiten mit normalen weiblichen und männlichen Individuen. Diese zweite Form ist seltener und auf südliche Standorte beschränkt. Ernst konnte schon in früheren Untersuchungen feststellen, daß die parthenogenetische Form doppelt soviel Chromosomen besitzt wie die normalgeschlechtliche (24:12), es handelt sich also um sog. somatische Parthenogenesis (Ooapogamie), die Reduktionsteilung, die sonst bei der Zygotenkeimung stattfindet, fällt aus. Bei dem von einem Teich auf der Gubaser Pußta bei Budapest stammenden Untersuchungsmaterial von Ernst machten auf Grund der Sporenkeimungsversuche die parthenogenetischen Individuen $\frac{1}{17}$ der Gesamtzahl aus. Sie geben sich bei einer variationsstatistischen Messung der Zygotengröße durch einen zweiten Kurvengipfel deutlich zu erkennen, während bei homogenen Standorten nur ein Maximum vorhanden ist. Die Nachkommenschaft befruchteter Zygoten ergab das Verhältnis von 100 normalen ♀:114 ♂, also nahezu das typische Verhältnis 1:1; parthenogenetische Individuen fehlten. Die normalgeschlechtliche Form pflanzt sich also rein fort; dasselbe gilt von der parthenogenetischen. Es wurden unter den Nachkommen von parthenogenetischen Individuen nie normale Weibchen und nie Männchen beobachtet. Auch konnte nie eine Befruchtung parthenogenetisch veranlagter Eier durch Spermatozoiden festgestellt werden. Das steht damit im Einklang, daß die parthenogenetische Form Merkmale aufweist, die eine Befruchtungsunmöglichkeit zur Folge haben. „Dieser Verlust der Befruchtungsmöglichkeit beruht darauf, daß bei der Entwicklung der Sporen apogamer Pflanzen alle diejenigen Gestaltsänderungen des Organismus wegfallen, die bei der amphimiktischen Form das Eindringen der Spermatozoiden ermöglichen und erleichtern. Hinsichtlich der Entstehungsgeschichte der parthenogenetischen diploiden Form stehen sich noch zwei Auffassungen gegenüber: nach der einen (Winkler) ist die Diploidie sprunghaft durch Verdoppelung des Chromosomensatzes in der Scheitelzelle oder in der Zygote (sekundäre Kernverschmelzung) zustande gekommen, nach der anderen (Ernst) handelt es sich bei der parthenogenetischen Form um einen Bastard mit einer anderen Charaart, bei dem die Reduktionsteilung ausbleibt, und er sucht die Theorie zu begründen, daß ganz generell die Bastardierung die Ursache der Apogamie auch in anderen Pflanzenordnungen ist.

Zur Physiologie saprophytischer Flagellaten. (E. Pringsheim, *Beitr. z. allg. Bot.* 2, 1921.) Die Flagellaten stellen in bezug auf ihre Stoffwechselverhältnisse eine sehr interessante Gruppe der Algen dar, insofern als bei ihnen neben normal autotrophen Formen ausgeprägt heterotrophe vorkommen, die ohne organische Nahrungsquellen nicht mehr auskommen. Mit diesem sekundär erworbenen Übergang zur heterotrophen Lebensweise gehen bestimmte Änderungen anatomischer Art Hand in Hand, die sich etappenweise feststellen lassen: Verlust des Augenflecks, des Chlorophylls, Rückgang der Chromatophoren und Verschwinden charakteristischer Reservestoffe. Vielfach kann man stark gewandelte Gattungen solchen, die noch typisch ausgestaltet sind, gegenüberstellen, wie *Astasia*: *Euglena*, *Polytoma*: *Chlamydomonas*, *Chlorella*: *Cryptomonas*. Pringsheim hat nun die Ernährungsphysiologie der stark heterotrophen Gattungen

gen *Astasia*, *Polytoma* und *Chilomonas* einer eingehenden Analyse unterzogen und gelangte zu recht bemerkenswerten Ergebnissen, besonders bei *Polytoma*. Alle drei Gattungen leben an Orten, wo Eiweiß fault, und leben von den Abbauprodukten, die durch Bakterien erzeugt werden. Aber hinsichtlich ihrer Ansprüche bestehen deutliche Verschiedenheiten. *Polytoma* verwertet als Kohlenstoffquelle die Fettsäuren, die beim Eiweißzerfall auftreten. Zucker, in dem man eine bessere C-Nahrung erblicken könnte, vermag die Fettsäuren (hauptsächlich Essigsäure und Buttersäure) nicht zu ersetzen. Der Stickstoff wird aus Ammonsalzen oder Aminosäuren gewonnen. Nitrate können dagegen nicht verwertet werden. *Astasia* dagegen ist hinsichtlich der N-Gewinnung anspruchsvoller. Sie verlangt höhere Abbauprodukte der Eiweißstoffe, die aber nicht näher identifiziert werden konnten. Aminosäuren reichen zum Gedeihen nicht aus. *Chilomonas* nimmt eine mittlere Stellung ein. Als Stickstoffquelle dienen hier Glykokoll und andere Aminosäuren, dagegen sind NH_4 -Salze unzureichend. Das C-Bedürfnis wird hier ebenfalls durch Fettsäuren bestritten, doch kann wahrscheinlich auch der Zucker stellvertretend ausgebeutet werden. Sehr interessant sind die Beziehungen zwischen Nährwert und chemotaktischer Anziehungskraft der einzelnen Stoffe. Stark anziehend wirken vor allem die Fettsäuren, und zwar steigt die Empfindlichkeit mit der Länge der Kohlenstoffkette. So wurden für *Polytoma* folgende Schwellenwerte gefunden: Aminosäure ca. $\frac{1}{1000}$ Mol, Essigsäure ca. $\frac{1}{20\,000}$ Mol, Propionsäure ca. $\frac{1}{100\,000}$ Mol, Buttersäure ca. $\frac{1}{10\,000\,000}$ Mol. Der letzte Wert stellt wohl die tiefste bis jetzt gefundene Schwelle dar. Positive Chemotaxis bewirken außerdem NH_4 -Verbindungen (ebenfalls guter Nährstoff!) und Ca-Salze, ferner der Sauerstoff; keine Anlockung wurde dagegen bei Eiweiß, Nitrat, Zucker usw. beobachtet. Negative Reaktionen lösen H- und OH-Ionen aus. Vergleichende Versuche mit den verschiedenen positiven Chemotaktizis ergaben, daß sowohl die Fettsäuren untereinander bei gegensinniger Wirkung abstumpfen, nicht aber Fettsäuren, Ca- und NH_4 -Verbindungen gegenseitig. Es muß also auf Grund des Weberschen Gesetzes angenommen werden, daß diesen Stoffgruppen gegenüber getrennte Sensibilitäten vorliegen. Der Aufenthaltsort der Kolonien im flüssigen Medium (Plattenbildung!) ist durch das Zusammenwirken von Chemotaxis, Aerotaxis und negativer Geotaxis bedingt.

Untersuchungen über das Sinusgesetz bei der geotropischen Reaktionszeit von *Lepidium*. (*Tröndle*, Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921.) Das Sinusgesetz, das nur ein Spezialfall des in der Reizphysiologie so bedeutsamen Reizmengengesetzes ist, besagt, daß das Produkt aus Präsentationszeit (d. h. jener Zeit, während der ein Schwerkraftreiz wirken muß, um eben zu einer Krümmung zu führen) und dem Sinus des Ablenkungswinkels konstant ist: $\sin \alpha \cdot p$ (= Präsentationszeit) = k (Konstante). Diese Beziehung erklärt sich derart, daß für den Erfolg bloß die auf der Organachse senkrechtstehende Komponente der Schwerkraft (g) wirksam ist. Für die Ablenkung 0° (vertikale Lage!) ist auch $\sin \alpha = 0$, also $g \cdot \sin \alpha = 0$ und p wird unendlich, d. h. es findet keine Reaktion statt. Für $\alpha = 90^\circ$ (horizontale Lage!) wird $\sin \alpha = 1$, $g \cdot \sin \alpha$

wird = g , es wirkt die ganze Schwerkraft senkrecht zur Organachse und damit erreicht p seinen kürzesten Wert. Man kann das Sinusgesetz nun in verschiedener Weise nachkontrollieren; zunächst derart, daß man einfach die Präsentationszeiten für verschiedene Neigungswinkel direkt bestimmt. (Ablenkungsversuche, *Rutten-Pekelharing*). Man findet dabei, daß die Präsentationszeitwerte in der durch die Formel geforderten Weise von Ablenkung 0 bis Ablenkung 90° gesetzmäßig abnehmen. Ferner kann man 2 opponierte Flanken in verschiedenen Winkellagen alternierend reizen, also etwa die eine Flanke in 30° , die andere in 60° ; es zeigt sich, daß man in der Lage 30° länger reizen muß als in 60° , damit eine Krümmung ausbleibt, und wenn man empirisch bestimmt, in welchem Verhältnis die Expositionszeiten stehen müssen, damit Kompensation eintritt (daher Kompensationsmethode), so findet man, daß dieses Gleichgewicht herrscht, wenn sich die Ablenkungswinkel gerade umgekehrt verhalten wie die Expositionszeiten E , also $\sin \alpha_1 : \sin \alpha_2 = E_2 : E_1$ oder $\sin \alpha_1 \cdot E_1 = \sin \alpha_2 \cdot E_2 = k$ (Konstante). Schließlich kann man auch die Ablenkungsmethode auf die Reaktionszeit (d. h. die Zeit vom Beginn der Reizung bis zum Eintritt der Reaktion) anwenden auf Grund der von *Tröndle* gefundenen Tatsache, daß sich die Reaktionszeiten R von den zugehörigen Präsentationszeiten durch einen konstanten Betrag K unterscheiden; man findet so:

$$\sin \alpha_1 (R_1 - K) = \sin \alpha_2 (R_2 - K) = k.$$

Dieses k ist gleich dem in der ersten Formel. Alle drei Wege sind beschritten worden und haben im wesentlichen zu befriedigenden Resultaten geführt. Allerdings haben die Fittingschen Versuche mit der Kompensationsmethode ergeben, daß bei kleinen Ablenkungswinkeln die Werte für p zu hoch ausfallen. *M. M. Riß* führt dies darauf zurück, daß auch die in die Organachse fallende Komponente der Schwerkraft nicht ohne Wirkung ist und eine Hemmung bedingt. Diese Hemmung muß um so stärker ausfallen, je größer diese „Längskomponente“ der Schwerkraft ist, und das ist eben gerade bei geringen Ablenkungswinkeln der Fall. Um diese Frage zu klären, hat *Tröndle* Versuche mit Keimwurzeln von *Lepidium* angestellt nach allen 3 Methoden und dabei auf Grund eines sehr großen Keimlingsmaterials gefunden, daß hier das Sinusgesetz bis zu den kleinsten untersuchten Ablenkungswinkeln (10°) vollauf gültig ist. Bei den Ablenkungsversuchen sind die Präsentationszeiten und Reaktionszeiten durchaus nach dem Sinusgesetz gestaffelt, und bei den Kompensationsversuchen ergab sich beim theoretischen Winkelverhältnis zwar kein Ausbleiben einer Krümmung, sondern eine „Scheitelung“ derart, daß sich genau die Hälfte der Keimlinge der einen, die andere Hälfte der anderen Flanke zuwandte, während sich schon bei einer leichten Verschiebung des Expositionsverhältnisses ein dominierendes Hinwenden nach der bevorzugten Flanke zeigte. Daraus folgt *Tröndle*, daß die Fittingschen Abweichungen bloß zufälliger Natur sind, und daß die Längskomponente das Sinusgesetz nicht zu trüben vermag. Damit stimmen auch die Versuche von *Rutten-Pekelharing* überein, bei denen die Ablenkungsmethode auf Haferkeimlinge angewendet wurde. Daß bei anderen Versuchsobjekten und Versuchsmethoden (vor allem Zentrifugalkraftversuchen) die Längskraft doch zum Ausdruck gelangen kann, wird nicht bestritten.

Peter Stark.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 33. (Seite 639—654)

19. August 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Olof Hammarsten zum achtzigsten Geburtstag.

Von *H. v. Euler, Stockholm*. S. 639.

Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde. Von *R. Grammel, Stuttgart*. (Fortsetzung.) Mit 5 Abbildungen. S. 643.

A. Goettes Entwicklungsgeschichte der Tiere. Von *Richard Hesse, Bonn*. S. 647.

Besprechungen:

Möller, Hans Georg, Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen. Von *G. Leithäuser, Berlin*. S. 649.

Mache, H., Einführung in die Theorie der Wärme. Von *F. Henning, Berlin*. S. 649.

Love, A. E. H., Theoretische Mechanik. Von *L. Hopf, Aachen*. S. 650.

Zuschriften an die Herausgeber:

Darwin und der Keplerbund. Von *E. Study Bonn*. S. 650.

Über die Polflucht der Kontinente. Von *Fr. Nölke, Bremen*. S. 651.

Zur Polflucht der Kontinente von *P. S. Epstein*. Von *J. Königsberger, Freiburg i. Br.* S. 651.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Natur-u. Lebensbilder aus dem tropischen Afrika. Karte des Sepikflusses in Neuguinea. S. 652.

Astronomische Mitteilungen. S. 652—654.

Physikalisches aus dem Annual Report of the Director of the Mount Wilson Observatory 1920.

Das neue astrophysikalische Observatorium in Victoria.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Quantentheorie

Ihr Ursprung und ihre Entwicklung

Von

Privatdozent Dr. **Fritz Reiche**

Mit 15 Textfiguren

Preis M. 34.—

Inhaltsübersicht:

- I. Der Ursprung der Quantenhypothese.
- II. Das Versagen der klassischen Statistik.
- III. Die Entwicklung und Verzweigung der Quantentheorie.
- IV. Das Übergreifen der Quantenlehre auf die Molekulartheorie fester Körper.
- V. Das Eindringen der Quanten in die Gastheorie.
- VI. Die Quantentheorie der optischen Serien. Der Ausbau der Quantentheorie für mehrere Freiheitsgrade.
- VII. Die Quantentheorie der Röntgenspektren.
- VIII. Erscheinungen an Molekülmodellen.
- IX. Ausblick.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

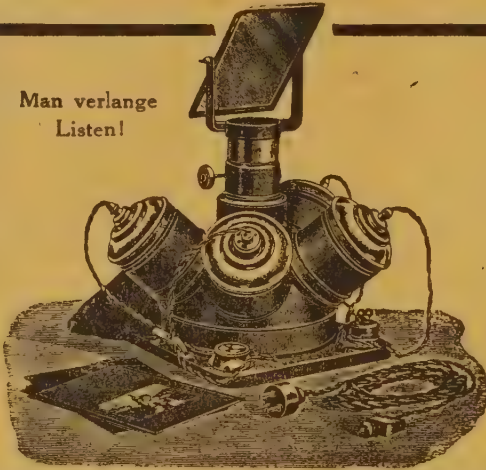
erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
30 20 30 40^{0/10} Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20720
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 12100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz. (225 II)

Die Palaearkten sind vollständig.

Bd. I Tagfalter kostet gebunden 140 M.
„ II Spinner u. Schwärme. „ 120 „
„ III Eulen „ 130 „
„ IV Spinner „ 110 „

Zur Erleichterung der Anschaffung liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10^{0/10} ige Monatsraten. Anfragen erbeten an

HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (286)

Verlag von J. F. Bergmann in München

Chemie der Enzyme

Von

Professor **Hans Euler**

in Stockholm

Zweite, nach schwedischen Vorlesungen vollständig umgearbeitete Auflage

I. Teil:

Allgemeine Chemie der Enzyme

Mit 32 Textabbildungen und einer Tafel

1920 — Preis M. 56.—; gebunden M. 64.— (und Teuerungszuschlag)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

19. August 1921.

Heft 33.

Olof Hammarsten zum achtzigsten Geburtstag.

(21. August 1921.)

Von H. v. Euler, Stockholm.

Ende 1872 hielt Olof Hammarsten an der Universität Upsala eine Probevorlesung „Über die Fermente und ihre Wirkungen im Tierorganismus“. Er behandelte darin ein Gebiet, auf dem er sich durch Untersuchungen in den vorhergehenden Jahren — eine Mitteilung über die Einwirkung von Speichel auf Stärke war 1871 erschienen — bereits selbständig betätigt hatte.

Fünfzig Jahre Enzymchemie! Auch wenn Hammarsten uns nichts anderes geschenkt hätte als die Früchte seiner enzymologischen Arbeiten, würde sein Name in der Geschichte unserer Wissenschaft einen der ersten Plätze einnehmen. Gern bin ich deshalb der Aufforderung der Schriftleitung dieser Zeitschrift gefolgt, zur achtzigsten Wiederkehr von Olof Hammarstens Geburtstag durch die folgenden Zeilen an einige der Leistungen zu erinnern, welche wir dem immer noch unermüdlich und erfolgreich arbeitenden Altmeister der Enzymchemie verdanken.

In dem halben Jahrhundert Enzymchemie, auf das wir zurückblicken, hat sich aus den vereinzelten Beobachtungen und Entdeckungen, die aus früherer Zeit vorlagen, eine Wissenschaft entwickelt, die an Umfang hinter anderen Teilgebieten der Biologie keineswegs zurücksteht und deren Bedeutung vor fünf Jahrzehnten von einigen Forschern wohl geahnt wurde, deren rasches und kräftiges Aufblühen aber doch wohl auch die stärksten Erwartungen übertroffen hat.

Die einleitenden Worte in Hammarstens eben erwähnter Vorlesung (1) geben uns ein Bild vom Standpunkt der siebziger Jahre: „Mancher, der den Fermentfragen nicht näher getreten ist, hegt vielleicht die Meinung, daß die ganze Lehre nicht auf dem Boden der exakten Naturwissenschaften stehe, und sieht im Begriff Ferment vielleicht nur einen Namen, unter welchem man eine Menge verschiedenartiger Prozesse vereinigt hat, denen nichts anderes gemeinsam ist, als daß ihnen allen eine Erklärung, ja oft sogar eine Hypothese fehlt.“

Der junge Dozent selbst ist aber von der Bedeutung seines Arbeitsgebietes sowohl für die Physiologie als für die Chemie fest überzeugt. „Es scheint“ — sagt er am Schlusse seines Vortrages — „als ob gerade die Fermente geeignet wären, zur Kenntnis der physikalischen und che-

mischen Gesetze Beiträge zu liefern, und möglicherweise gerade auch das Wesen der chemischen Verwandtschaft zu beleuchten.“ Später hat bekanntlich Emil Fischer nachdrücklich darauf hingewiesen, daß die Enzymchemie uns Mittel an die Hand gibt, in feinere Affinitäts- und Strukturprobleme einzudringen, die bis jetzt durch keine andere Methodik erschlossen werden.

Schon die erste enzymchemische Arbeit (2) zeigt Hammarsten als den scharfen Beobachter, dem wesentliche Zusammenhänge in seinem Forschungsgebiet nicht entgehen. In den letzten zehn Jahren ist es — hauptsächlich durch die Bemühungen von Sörensen und Michaelis — allgemein bekannt geworden, welch großen Einfluß die „Reaktion“ oder, wie wir heute sagen, die Acidität des Mediums, die früher stark vernachlässigt worden war, auf enzymatische Vorgänge ausübt. Hammarsten untersucht die Verzuckerung der Stärke im menschlichen Verdauungstraktus. „Für die Frage der Zuckerbildung“ — schreibt er — „ist es somit stets wichtig zu wissen, bei welchem Säuregrad die Wirkung des Speichels aufhört, und ich habe auch einige Versuche darüber angestellt.“ Nachdem er so die Aciditätsempfindlichkeit des Ptyalins festgestellt und dabei auch den Einfluß der Enzymkonzentration gefunden hatte, kommt er zu dem richtigen Resultat, daß nicht der titrimetrische Säuregrad maßgebend ist, sondern daß Essigsäure und Milchsäure erst in erheblich größeren Konzentrationen die Speichelwirkung aufheben als die Salzsäure, so daß der Einfluß der „wahren Acidität“ erkannt wurde, wenn auch damals die wissenschaftlichen Voraussetzungen für eine einfache Beschreibung der Verhältnisse gefehlt haben.

Schon im folgenden Jahr, 1872, veröffentlicht Hammarsten die erste der grundlegenden Arbeiten (3), über die Labgerinnung, in welcher er den Nachweis der Existenz eines neuen Enzyms, des Labenzyms oder Chymosins erbringt. Einer der besten Kenner dieses interessanten Sondergebietes, E. Fuld, hat im ersten Band der „Ergebnisse der Physiologie“ die Bedeutung der Hammarstensen Entdeckung folgendermaßen dargestellt: „Die Milch gerinnt, sich selbst überlassen, in einem oder zwei Tagen; gibt man Lab zu ihr, so spielt sich ein scheinbar identischer Vorgang in viel kürzerer Zeit ab, oberflächlich angesehen also eine Katalyse bester Form. Da nun der die spontane Gerinnung hervorrufende Prozeß neben der Labwirkung ungestört weitergeht und der Milch die ihn charakterisierende saure Reaktion

mitteilt, so hat es begreiflicherweise lange gedauert, bis die Lehre durchdrang, daß beide Prozesse nichts miteinander zu schaffen haben. Die Verdienste *Berzelius'*, *Mitscherlichs*, *Selmis* und *Heintz'* um die Klärung dieser Frage sollen nicht verkleinert werden, manche Versuche von ihnen müssen wir heutzutage schlechthin für entscheidend ansehen, trotzdem bleibt es unbestreitbar, daß *Olof Hammarsten* es gewesen ist, der mit seinen ungemein gründlichen Arbeiten diese Frage definitiv beseitigt hat, wie er auch bereits den wesentlichsten Teil unserer Kenntnisse über das Kasein, das Lab, die Entstehung und Natur des Käses mit einem Male geschaffen hat.“

In der erwähnten und einigen folgenden Arbeiten (4) hat *Hammarsten* den chemischen Vorgang der Milchgerinnung in meisterhafter Weise aufgeklärt. Er zeigte, daß Kasein in kalksalzfreien Lösungen durch Lab nicht zum Gerinnen gebracht wird, daß aber trotzdem das Kasein durch das Lab eine Veränderung erleidet. Hat man nämlich kalksalzfreie Kaseinlösung der Einwirkung des Labs ausgesetzt und fügt — nach Zerstörung des Labs durch Erhitzen — nun Kalksalz zu der Lösung, so tritt die Gerinnung ein. Diese Gerinnung setzt sich also aus zwei Vorgängen zusammen: 1. der Umwandlung des Kaseins in ein Produkt — von *Hammarsten* Parakasein bezeichnet —, welches im Gegensatz zum Kasein durch Kalksalze koaguliert wird, und 2. der Gerinnung durch die Kalksalze. Zahlreiche Forscher, *Arthus* und *Pages*, *Fuld* und *Spiro*, *Laqueur* u. a. konnten diese Feststellungen *Hammarstens* sowohl was die Chemie des Kaseins als die Natur des Labungsvorganges betrifft, durchweg bestätigen.

Das Labenzym oder Chymosin hat *Hammarsten* zunächst aus dem Labmagen des Kalbes gewonnen, aus welchem es durch Wasser extrahiert werden kann. Bei der Untersuchung anderer Tiere haben sich dann Verschiedenheiten der betreffenden Chymosine herausgestellt. Daß im Magen des Menschen und höherer Tiere das Chymosin nicht frei vorkommt, wohl aber eine Substanz gewonnen wird, aus welcher das Chymosin unter der Einwirkung von Säure entsteht, ist eine weitere bemerkenswerte Entdeckung *Hammarstens*. Er hat diesen Stoff, den er im Magen aller daraufhin untersuchten Tiere gefunden hat, *Labzymogen* genannt. Endgültige Aufklärung hat wohl das Tatsachengebiet, welches mit dem Zymogenstadium des Labs zusammenhängt, noch nicht gefunden. *Hammarsten* hat das Labzymogen zunächst als eine Vorstufe des aktiven Labenzym angesehen, welche unter der Einwirkung der Säure in das aktive Enzym verwandelt wird. Demgegenüber hat *Hedin*, einer der ältesten und erfolgreichsten Schüler *Hammarstens*, welchem die Enzymchemie ebenfalls wichtige Beiträge verdankt, die Ansicht zu begründen versucht, daß das Labzymogen keineswegs eine Vorstufe des Chymosins darstellt, sondern die Verbindung des-

selben mit einem Paralysator ist, aus welcher das Enzym durch die Säure in Freiheit gesetzt wird.

Der Umstand, daß die Chymosinpräparate, besonders diejenigen aus Kalbsmagen, nicht nur Milch zum Koagulieren bringen, sondern auch mehr oder weniger starke Pepsinwirkungen besitzen, hat zeitig die Frage veranlaßt, in welcher Beziehung diese beiden Wirkungen zueinander stehen, bzw. ob Chymosin und Pepsin überhaupt voneinander trennbare Enzyme sind. Die Auffassung, daß es sich hier nur um ein einziges Enzym handelt, haben besonders russische Forscher, wie *Pawlow* und *Sawjalow* vertreten.

Diese Frage hat *Hammarsten* bis in die neueste Zeit eingehend experimentell bearbeitet. Er zeigte, wie man durch Erhitzen die Inaktivierung der Kalbsmageninfusion so leiten kann, daß die Pepsinwirkung erhalten bleibt, während die Chymosinwirkung verschwindet. Auch findet man an verschiedenen Enzympräparaten bei keinem Aciditätsgrad eine Parallelität der beiden genannten Wirkungen. Ob *Nencki* und *Sieber* mit ihrer Vorstellung von einem Riesenzym, welches Chymosin und Pepsin als Seitenketten enthält, das Richtige getroffen haben, läßt sich noch nicht endgültig entscheiden. Wir wissen noch zu wenig über die Zusammensetzung der Enzyme überhaupt und besonders über die chemischen und physikalischen Bedingungen ihrer Bildung und Sekretion. Wenn unsere Wissenschaft so weit fortgeschritten ist, daß man versuchen kann, eine Darstellung der Sekretion, zunächst der Drüsensekretion zu geben, so wird noch eine Fülle von Einzelbeobachtungen aus den *Hammarstensen* Arbeiten zur Verwertung kommen. Die Geschichte der Naturwissenschaften zeigt uns, wie oft wichtige Tatsachen jahrzehntelang brach liegen können, wenn ihre Entdeckung sozusagen zu früh kommt, d. h. nicht auf die Plattform unserer allgemeinen Kenntnisse gestellt werden kann, während Arbeiten, welche eine dringende Forderung ihrer Zeit erfüllen, sich unmittelbarer und vollständiger geltend machen.

Die Arbeiten mit Chymosin und die Frage nach der selbständigen Existenz dieses Enzyms haben *Hammarsten* natürlich auch zu einer eingehenden Beschäftigung mit dem Pepsin geführt. Die ersten diesbezüglichen Arbeiten gehen in die Jahre 1873 und 1876 zurück (6). Durch seine Untersuchungen aus allerneuester Zeit (1920) konnte *Hammarsten* (5) aus der Magenschleimhaut des Schweines und Kalbes ein neues, sehr interessantes Produkt gewinnen — er nennt es einstweilen „hyaline Substanz“ — welche vermutlich eine Verbindung zwischen Pepsin bzw. Chymosin und einem besonderen Eiweißkörper darstellt, und Eiweiß noch in Verdünnungen von 1 : 10 000 000 spaltet; sowohl durch diesen Wirkungsgrad wie durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Selbstverdauung übertrifft es alle bisher dargestellten Pepsinpräparate.

Auch dieses Resultat des letztvergangenen Jahres stammt, wie die meisten früheren Arbeiten, aus dem medizinisch-chemischen Institut der Universität Upsala, das *Hammarsten* dreiundzwanzig Jahre hindurch, 1883 bis 1906, geleitet hat.

In diesem Zusammenhang mögen einige Daten aus *Hammarstens* Lebenslauf hier ihren Platz finden.

In Norrköping 1841 geboren, kam *Hammarsten* als zwanzigjähriger Student nach Upsala, bestand fünf Jahre später sein medizinisches Kandidatexamen, wurde 1869 Lizentiat und einige Monate später Doktor der Medizin mit einer Arbeit „Om gallans förhållande till magsaften och ägghvitedigestionen“ (Über den Einfluß der Galle auf den Magensaft und die Eiweißverdauung). Auf Grund dieser Abhandlung wurde *Hammarsten* auch zum Dozenten der Physiologie ernannt und erhielt den Auftrag, den Ordinarius dieses Faches, *Fritiof Holmgren*, auf ein Jahr zu vertreten.

Für physiologische Chemie hatte schon damals Upsala — wie auch Stockholm — einen eigenen Lehrstuhl. Es hängt dies wohl damit zusammen, daß gerade die Biochemie bzw. die Tierchemie und die physiologische Chemie in Schweden schon sehr frühzeitig besonders gepflegt wurde und hervorragende Vertreter gehabt hat. *Scheeles* Untersuchungen über die Bestandteile der Milch und seine Arbeiten, die zur Entdeckung der Milchsäure, der Zuckersäure, des Glycerins usw. führten, müssen wohl überhaupt als die ersten systematischen Untersuchungen auf biochemischem Gebiet angesehen werden. *Berzelius*, der 1807 bis 1831 Professor der Medizin und Pharmazie an der medizinischen Schule (dem späteren K. Karolinischen Institut) in Stockholm war, hat bekanntlich das erste Lehrbuch der physiologischen Chemie (Tierchemie) herausgegeben und für diesen Zweig der Chemie auch weiterhin stets großes Interesse bewiesen. Zu *Hammarstens* Studienzeit stand das medizinisch-chemische Laboratorium unter der Leitung von *August Theodor Almén*, bekannt durch seine umfassenden Untersuchungen über die Zusammensetzung und den Nährwert der Nahrungsmittel und durch seine Zuckerbestimmungsmethode (7).

Eine halbjährige Studienreise ins Ausland zu *C. Ludwig* 1871 und eine kurze Berufung als stellvertretender Professor an die medizinische Fakultät in Stockholm 1875—76 waren die einzigen Anlässe, seine Tätigkeit an der Alma mater Uppsaliensis zu unterbrechen. Seine Verdienste wurden 1877 durch die Verleihung einer persönlichen außerordentlichen Professur anerkannt und 1883, als sein Vorgänger *Almén* eine Berufung an die Spitze des Reichsgesundheitsamtes (Medicinalstyrelsen) erhielt, wurde *Hammarsten* sein Nachfolger auf dem Lehrstuhl für medizinische Chemie, den er behielt, bis er die in Schweden übliche Altersgrenze von fünfundsiebzehn Jahren

— für einen so außerordentlich rüstigen Mann wie *Hammarsten* ein früher Zeitpunkt — erreicht hatte.

„Die Geschichte eines Gelehrten ist die Geschichte dessen, was er gelehrt hat.“ Wollte ich eine chronologische Darstellung der Forschungsarbeit unseres Jubilars geben, so müßte ich mit seinen Untersuchungen über die Galle und ihre Bestandteile beginnen, ein Thema, welches er, wie erwähnt, schon in seiner Dissertation behandelt hat. Es würde hier zu weit führen, auch nur die wichtigeren der vielen neuen Tatsachen einigermaßen vollständig aufzuzählen, mit welchen *Hammarsten* unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet bereichert hat (8). Man verdankt seiner Tätigkeit die Entdeckung einer neuen Gruppe von Gallensäuren, welche reich an Schwefel ist und bei der Säurespaltung Schwefelsäure liefert. Für die Taurocholsäure hat *Hammarsten* ein neues Darstellungsverfahren ausgearbeitet; sein Schüler *Wahlgren* hat neben der Glykocholsäure die Glykcholeinsäure isoliert, *Jolin* aus der Schweinegalle die Hyoglykolsäure, *Hammarsten* selbst die Taurocholeinsäure. Sehr umfangreich sind *Hammarstens* vergleichende Untersuchungen über die Gallen verschiedener Tierarten (9), in welchen er noch weitere, besonders Gallensäuren, wie die Ursocholeinsäure entdeckt hat. Bei der Untersuchung der Gallenfarbstoffe ist die Hammarstensi Reaktion ein gutes Hilfsmittel (10). Wertvoll sind ferner die eingehenden Untersuchungen der gesamten Zusammensetzung (11) der menschlichen und vieler tierischer Gallen sowie der Nachweis echten Mucins in der Menschengalle; seine Beobachtungen über die Gallenabsonderungen beim Menschen scheinen mir gerade in unseren Tagen besonders lesenswert.

Schon durch seine ersten enzymchemischen Untersuchungen machte sich *Hammarsten* mit der Eiweißchemie, zunächst mit dem Kasein vertraut, und es konnte nicht ausbleiben, daß seine Erfahrungen über diese damals noch so wenig bekannten Stoffe viel Neues enthielten. Außer dem Kasein wurden besonders die Eiweißstoffe des Serums, zunächst das Serumglobulin sowie das Mucin (12) in den Bereich der näheren Bearbeitung gezogen. Wie früher das Speichel- und Gallenmucin, so wird auch das Schneckenmucin Gegenstand der Untersuchung. Betrachtet man die Hammarstensi Beobachtungen an Mucinen aus den achtziger Jahren im Lichte der neueren physikalischen Chemie, so erscheint ihre Verfolgung und Erweiterung mit den modernen apparativen und theoretischen Hilfsmitteln in hohem Grade dankbar. Besonders legen die Hammarstensi Resultate die Vermutung nahe, daß Mucin in besonders hohem Maße geeignet ist, als Puffer gegen Aciditätsschwankungen zu fungieren, und daß auch die Mucinsekretion besonders durch das Pufferbedürfnis der übrigen Sekretbestandteile geregelt oder wenigstens davon beeinflußt wird.

Wichtige, endgültige Aufklärungen im Pro-

teingebiet hat *Hammarsten* geschaffen durch seine Arbeiten über das *Fibrin*, den Eiweißstoff, welcher sich bei der spontanen Blutgerinnung ausscheidet, und das *Fibrinogen*, aus welchem der Blutfaserstoff entsteht (13). Die eingehende Beschäftigung mit diesen Körpern hat ihren Grund in Studien über das *Fibrinferment* oder *Thrombin*, welche *Hammarsten* bereits 1874 begann. Den Vorgang der Blutgerinnung unter der Einwirkung des von *Buchanan* und *Alex. Schmidt* entdeckten *Thrombins* ist, wenn auch nicht restlos, so doch weitgehend durch *Hammarsten* aufgeklärt worden, welcher in einer Reihe grundlegender Arbeiten den Nachweis führen konnte, daß die Blutgerinnung auf der Umwandlung des *Fibrinogens* in das *Fibrin* beruht, nachdem es seinen Bemühungen gelungen war, *Fibrinogen* sehr angenähert rein zu erhalten. Die nach *Hammarstens* Methode durchgeführte Darstellung des *Fibrinogens*, welches frei von Serumalbumin und weder durch das Reinigungsverfahren noch durch die Einwirkung des *Thrombins* verändert war, hat wesentlich dazu geholfen, das Problem der Blutgerinnung auf denjenigen Stand zu bringen, auf welchem es sich heute befindet. Auch der Nachweis, daß das aus kalkarmer Lösung entstandene *Fibrin* keine größeren Mengen Kalk enthält als das ursprünglich in der Lösung vorhandene *Fibrinogen*, war für die Klärung der sehr verwickelten Gerinnungsvorgänge wichtig. *Hammarsten* konnte zeigen, daß *Calciumionen* für das Zustandekommen wirksamen *Thrombins* erforderlich sind. Hat man aus Blutplasma den Kalk mittels Oxalat entfernt, so enthält das Plasma tatsächlich kein wirksames *Thrombin* mehr; erst durch erneuten Zusatz von *Calciumionen* — die hierbei nicht durch einwertige Metallionen ersetzt werden können — entsteht wieder das aktive *Thrombin*. Schließlich bewiesen *Hammarstens* Versuche, daß in Abwesenheit des *Thrombins* das *Fibrinogen* auch durch Kalk nicht in *Fibrin* verwandelt wird, daß aber der durch *Thrombin* in Gang gesetzte Prozeß durch kleine Mengen von Calciumsalzen beschleunigt werden kann.

Das Studium der Blutgerinnung, an welchem sich zunächst auch *Arthus*, später *Morawitz*, *Mellanby*, *Bordet*, *Fuld* u. a. Forscher beteiligt haben, ist zwar immer noch nicht abgeschlossen, da besonders das Verständnis der Dynamik der Gerinnung noch Schwierigkeiten macht. Alle kommenden Arbeiten und Theorien werden aber auf den von *Hammarsten* festgestellten Tatsachen fußen.

Ich muß hier darauf verzichten, die zahlreichen kleineren Arbeiten, welche, mannigfache Fragen der Biochemie behandelnd, aus dem *Hammarstenschen* Laboratorium hervorgingen, auch nur zu erwähnen (14). Daß das medizinisch-chemische Institut in Upsala unter *Hammarstens* Leitung das Zentrum der physiologisch-chemischen For-

schung nicht nur in Schweden, sondern im ganzen Norden wurde, kann nicht wundernehmen. So haben denn auch die meisten der nordischen physiologischen Chemiker und Physiologen längere oder kürzere Zeit ihre Ausbildung bei *Hammarsten* genossen. Seine beiden Schüler *Hedin* und *C. Th. Mörner* sind als Professoren in Upsala tätig. An der medizinischen Fakultät, dem Karolinischen Institut, in Stockholm wirken von *Hammarstens* Schülern *J. Johansson* und *Alfred Pettersson*, während ihre Kollegen *K. Mörner* und *Jolin* bereits dahingegangen sind. Unter den Lundenser Universitätslehrern haben *Thunberg* und der kürzlich verstorbene *Bang* in *Hammarstens* Laboratorium gearbeitet. Unter den nordischen Schülern ist in erster Linie noch der Leiter des dänischen Seruminstituts, *Th. Madsen*, zu nennen, ferner *K. A. Hasselbalch* und *S. Schmidt-Nielsen*.

Zur Beurteilung der außerordentlichen Arbeitsleistung *Hammarstens* muß aber hervorgehoben werden, daß ihm Mitarbeiter an eigenen Untersuchungen — etwa wie dem Direktor eines deutschen Universitätsinstitutes — nicht zur Verfügung gestanden sind, sondern daß er die meisten seiner Versuche selbst ausgeführt hat. Es hängt dies mit den besonderen schwedischen Verhältnissen zusammen; nur relativ wenige Studierende schließen ihre Universitätszeit mit einer wissenschaftlichen Doktordissertation ab, für welche auch hierzulande die Forderungen sehr hoch gestellt werden; die Themen werden oft ganz unabhängig vom Arbeitsgebiet des Institutsvorstandes gewählt. Es ist zweifellos, daß sein außerordentlich vielseitiges Wissen, seine reiche Erfahrung, seine erstaunliche Arbeitskraft und nicht zum wenigsten seine imponierende Persönlichkeit *Hammarsten* zum Leiter einer der größten Schulen der physiologischen Chemie gemacht hätten, wenn er an einem der großen europäischen Zentren tätig gewesen wäre.

Immerhin ist es dem Jubilar vergönnt, auch als Lehrer weit über den Kreis seiner Universität und seines Landes hinaus zu wirken: Sein „Lehrbuch der physiologischen Chemie“, in viele Kultursprachen übersetzt, ist keinem Jünger oder Lehrer dieses Gebietes unbekannt; es ist dem Studierenden ein sicherer Wegweiser, dem Forscher ein Ratgeber von sonst selten erreichter Zuverlässigkeit.

Wir sind in unserer Zeit gewohnt, Darstellungen so umfangreicher Wissenschaften wie die physiologische Chemie durch das Zusammenwirken von vielen Spezialisten entstehen zu sehen. *Hammarsten* ist es in alleiniger Arbeit gelungen, sein Werk zu dem führenden Lehrbuch seiner Zeit zu machen; erst in den letzten Jahren sind einige Kapitel von schwedischen Kollegen bearbeitet worden. Vor wenigen Wochen ist Teil 1 der 9. deutschen neubearbeiteten Auflage erschienen. Mit dem Dank für diese der Biochemie und Medizin gleich wertvolle Leistung

dürfen die Fachgenossen dem in bewundernswürdiger Arbeitskraft stehenden achtzigjährigen Meister ihre Glückwünsche für weitere erfolgreiche Forschung aussprechen.

Literatur:

1. Upsala läkarefören. förhandl. 8, 149; 1872.
2. Upsala läkarefören. förhandl. 6, 471; 1871. — Ref. Malys Jahresb. 1, 187.
3. Upsala läkarefören. förhandl. 8, 63; 1872. — Ref. Malys Jahresb. 2, 118.
4. Nova Acta R. Soc. Upsal. 1877 Nr. 10, S. 1 (S. A. erschien. 1875). — Zeitschr. f. physiol. Chem. 7, 227; 1883. — Ups. läkarefören. förhandl. N. F. 1, 181; 1895, und Zeitschr. f. physiol. Chem. 22, 103; 1896. — Zeitschr. f. physiol. Chem. 56, 18; 1908. — 68, 119; 1910. — 94, 104 u. 291; 1915.
5. Zeitschr. f. physiol. Chem. 108, 243; 1920.
6. Upsala läkarefören. förhandl. 8, 565; 1873. — 12, 119; 1876.
7. Hammarstens Nachruf f. A. T. Almén, Upsala läkarefören. förhandl. N. F. 9; 1904.
8. Upsala läkarefören. förhandl. 5, 121, 1869; 14, 50, 1878. Nordisk med. arkiv 2, Nr. 3, 1870. Pflüg. Arch. 3, 53, 1870. Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal. 11, Nr. 5 und Ber. d. deutsch. chem. Ges. 14, 71, 1881. Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal. 16, Nr. 7, 1893. Zeitschr. f. physiol. Chem. 24, 322, 1898; 43, 127, 1904.
9. Upsala läkarefören. förhandl. 5, 153, 1869; N. F. 5, 465, 1900. Zeitschr. f. physiol. Chem. 36, 525, 1902; 43, 109, 1904.
10. Upsala läkarefören. förhandl. N. F. 4, 73, 1898. Skand. Arch. f. Physiol. 9, 314, 1899.
11. Upsala Univers. Arsskrift, 1902.
12. Upsala läkarefören. förhandl. 19, 381, 1883. Malys. Jahresber. 14. Pflüg. Arch. 36, 373, 1885.
13. Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal. 10, Nr. 2, 1875. Upsala läkarefören. förhandl. 11, 538, 1876; 17, 333, 1882. Pflüg. Arch. 14, 211, 1877; 19, 563, 1879; 22, 431, 1880.
14. Eine vollständige Zusammenstellung der Veröffentlichungen Hammarstens bis 1905 findet man in der zu seinem 65. Geburtstag herausgegebenen Festschrift, Upsala läkarefören. förhandl. N. F. 11 Suppl. 1906.

Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde.

Von R. Grammel, Stuttgart.

(Fortsetzung.)

II. Versuche auf Grund des Flächensatzes.

A. Nachweis der Azimutaldrehung.

7. Der Isotomeograph. Das Jahr 1851 ist nicht nur durch die Pendelversuche von Foucault und von Bravais ausgezeichnet. In diesem gleichen Jahre machte L. Poinsot¹³⁾ auch den Vorschlag, den Flächensatz zum Nachweis der Azimutaldrehung zu verwenden. Poinsot geht davon aus, daß ein im irdischen System ruhender Körper mit einer lotrechten Hauptträgheitsachse und dem zugehörigen Hauptträgheitsmoment A zufolge der Azimutaldrehung ω_1 einen Schwung mitbekommen hat, der den Betrag $A\omega_1$ besitzt und dessen lotrechter Vektor weder seine Größe noch — im irdischen Bezugssystem — seine Richtung ändert, wenn kein Drehmoment \mathcal{M} um seine lot-

rechte Achse an ihm angreift. Um ein solches Moment \mathcal{M} zu verhüten, genügt es, den Körper reibungs- und torsionsfrei aufzuhängen. Wenn jetzt durch innere Kräfte allein im Körper solche Massenverschiebungen ausgeführt werden, daß das Trägheitsmoment einen neuen Wert A' annimmt, so muß auch die Drehgeschwindigkeit sich in ω_1' so ändern, daß nach wie vor der Schwung den Betrag

$$A'\omega_1' = A\omega_1$$

besitzt. Denn innere Kräfte heben sich nach dem Wechselwirkungsgesetz paarweise auf und haben demnach sicherlich kein resultierendes Moment \mathcal{M} . Nach der Massenverlagerung zeigt sich mithin eine scheinbare Azimutaldrehung des Körpers gegenüber dem irdischen System, und zwar mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\varepsilon \equiv \omega_1' - \omega_1 = \omega_1 \left(\frac{A}{A'} - 1 \right), \dots (17)$$

positiv gerechnet im Sinne NWSO.

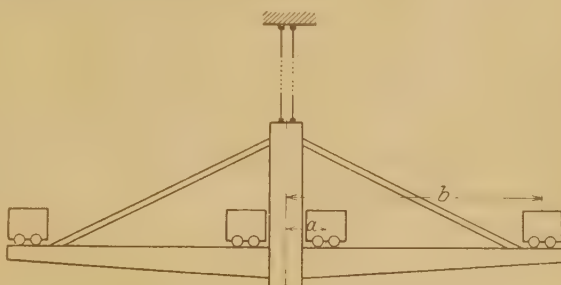


Fig. 7. Hagenseher Isotomeograph.

Der Versuch ist mit großem Erfolg in den Jahren 1910 und 1911 und mit zehnfach gesteigerter Genauigkeit 1919 von J. G. Hagen¹⁴⁾ durchgeführt worden, und zwar in der Weise, daß ein wagerechter Balken (Fig. 7) bifilar aufgehängt und mit beweglichen Zusatzmassen versehen wurde, die sich vollkommen symmetrisch von der Mitte des Balkens nach seinen beiden Enden und wieder zurück bewegen konnten. Ist mit m die Summe dieser Zusatzmassen bezeichnet, mit a ihr Abstand von der lotrechten Mittelachse des Balkens in ihrer innersten Lage, mit b ihr Abstand davon in der äußersten Lage, und ruht der Balken anfänglich gegen die Erde, wenn die Zusatzmassen innen sitzen, so ist mit dem Trägheitsmoment A_0 des leeren Balkens:

$$A = A_0 + a^2 m, \quad A' = A_0 + b^2 m,$$

und demnach muß gemäß (17) nach der Verschiebung der Massen in ihre äußerste Lage eine scheinbare Drehung

$$\varepsilon_1 = \frac{(b^2 - a^2) m}{A_0 + b^2 m} \omega_1 \dots (18)$$

im Sinne NOSW wahrzunehmen sein. Diese gibt zu horizontalen Drehschwingungen des Balkens Veranlassung, und die Anfangsgeschwindigkeit ε_1 ist dann aus Amplitude, Schwin-

¹³⁾ L. Poinsot, Comptes rendus 32 (1851), S. 206; vgl. auch Tessan, ebenda S. 504.

¹⁴⁾ J. G. Hagen, a. a. O., S. 135, sowie 2. Anhang S. 9, und Zeitschr. f. Instr.-Kunde 40 (1920), S. 65.

gungsdauer und logarithmischem Dekrement in bekannter Weise zu ermitteln. Ebenso muß, wenn der Balken mit den Massen in ihrer äußersten Lage in scheinbare Ruhe gebracht war, die Verschiebung der Massen nach innen eine scheinbare Drehung

$$\varepsilon_2 = \frac{(b^2 - a^2)m}{A_0 + a^2 m} \omega_1 \dots \dots \dots (19)$$

im Sinne NWSO erzeugen, die übrigens wegen $a < b$ stärker ausfallen wird als ε_1 .

Hagen hat den Apparat, den er nach einem Vorschlage von C. Stephanos Isotomeograph nannte (von *isos* = gleich und *tomos* = Sektorfläche, vgl. 2. Keplersches Gesetz), auch noch dahin abgeändert (Fig. 8), daß er den Balken durch einen lotrecht hängenden Bügel (b) ersetzte, in welchem sich drei Vierecke (v) aus Aluminiumröhren um eine wagerechte Achse (a) drehen konnten (in der Vorderansicht überdecken sich die drei hintereinanderliegenden Vierecke, in der

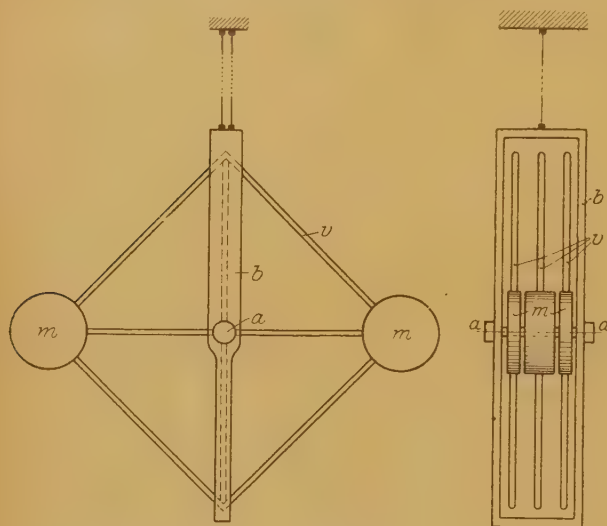


Fig. 8. Zweite Form des Hagenschen Isotomeographen in Vorder- und Seitenansicht.

Seitenansicht liegen sie nebeneinander). Die Zusatzmassen (m) verteilten sich auf zwei gegenüberliegende Ecken jedes Vierecks, so daß je auf das vordere und hintere Viereck $\frac{1}{2} m$, auf das mittlere $\frac{1}{2} m$ entfiel. Das vordere und hintere Viereck drehten sich gemeinsam in einen Sinne um 90° , das mittlere im andern um ebenfalls 90° , und zwar so, daß vor der Drehung die sämtlichen Massen entweder auf der Lotachse des Apparats oder auf seiner wagerechten Querachse lagen.

Die große Genauigkeit, die Hagen schließlich erreichen konnte — ω_1 ergab sich bis auf die dritte Stelle —, beruhte ganz wesentlich darauf, daß auch diesen Versuchen die wertvolle Eigenschaft der Umkehrbarkeit zukam, wie sie durch die beiden Formeln (18) und (19) ausgedrückt ist.

8. Ein hydraulischer Versuch. Wenn man

den Flächensatz auf Flüssigkeitsströme anwendet, wie dies zuerst Perrot¹⁵⁾ und Combes¹⁶⁾ im Jahre 1860 getan haben, so muß sich eine bemerkenswerte Abänderung des soeben behandelten Versuchs ergeben. Diese wurde 1908 mit wenigstens qualitativem Erfolge von O. Tumlirz¹⁷⁾ in der Weise ausgeführt, daß Wasser zwischen zwei wagerechte kreisförmige Glasplatten von allen Seiten genau radial einströmte und im Mittelpunkt abfloß. Wenn die Flüssigkeitsfäden, in geeigneter Weise gefärbt, sichtbar gemacht wurden, so zeigten sie eine deutlich spiralförmige Struktur, statt der rein radialen, die sie in einem Inertialsystem zeigen mußten. Ist nämlich a der Scheibenhalmesser (Fig. 9), so braucht man nur einen Flüssigkeitsring von der Masse dm zu verfolgen von dem Augenblicke an, wo er mit dem Trägheitsmoment $a^2 dm$ in den Bereich der Platten mit der Winkelgeschwindigkeit ω_1 einströmt, bis zu dem Augenblicke, wo er sich auf den Halbmesser r zusammengezogen hat und das Trägheitsmoment $r^2 dm$ sowie die Winkelgeschwindigkeit ω_1' besitzt. Seine scheinbare Drehgeschwindigkeit ε gegen das irdische Bezugssystem möge mit dx/dt bezeichnet sein, so ist nach (17)

$$\frac{dx}{dt} = \omega_1 \left[\frac{a^2}{r^2} - 1 \right] \dots \dots \dots (20)$$

Nimmt man die Überlegung hinzu, daß mit der Radialgeschwindigkeit dr/dt die Flüssigkeitsmenge, die in der Zeiteinheit durch einen zu den Platten coaxialen Zylinder vom Halbmesser r eintritt, sich bei einem Plattenabstand b zu

$$2\pi r b \frac{dr}{dt}$$

berechnet und für alle Werte von r aus Gründen der Kontinuität dieselbe sein muß, so kann man

$$\frac{dr}{dt} = \frac{c}{r} \dots \dots \dots (21)$$

setzen, unter c eine leicht zu ermittelnde Konstante verstanden. Indem man die Gleichungen (20) und (21) durcheinander teilt, so kommt

$$\frac{dx}{dr} = \frac{\omega_1}{c} \left(\frac{a^2}{r} - r \right)$$

als Differentialgleichung der Stromlinien, deren Integral

$$x - x_0 = \frac{\omega_1}{c} \left(a^2 \ln r - \frac{r^2}{2} \right) \dots \dots \dots (22)$$

in der Tat dem Aussehen nach die von Tumlirz beobachtete Schar von Spiralkurven (Fig. 9) in Polarkoordinaten (r, x) ergibt (x_0 ist als Parameter der einzelnen Individuen der Schar anzuspochen).

Eine auch quantitativ befriedigende Durchführung des Versuches ist bis jetzt noch nicht gelungen, ebensowenig die Umkehrung: radiale Strömung von der Mitte nach außen mit entgegengesetztem, doch kleinerem Effekte.

¹⁵⁾ Perrot, Comptes rendus 49 (1859), S. 637.

¹⁶⁾ Combes, ebenda S. 775.

¹⁷⁾ O. Tumlirz, Sitzungsber. Wien 117 (1908), Math.-Naturw. Kl., 2. Abt., S. 819.

B. Nachweis der Vertikaldrehung.

9. *Der schiefe Wurf.* Um die Vertikaldrehung ω_2 mit Hilfe des Flächensatzes nachzuweisen, wird man in erster Linie Bewegungen in der auf dem Vektor \mathbf{o}_2 (vgl. Fig. 1) senkrechten Ostwestebene E des Beobachtungs-ortes A benutzen (Fig. 10). Denken wir uns beispielsweise zwei Körper im luftleeren Raum mit gleichen Anfangsgeschwindigkeiten v und mit gleichen Elevationswinkeln α geworfen, den einen nach Osten, den andern nach Westen, so ist zu den Vektoren \mathbf{v} der östlich gerichtete Vektor \mathbf{w} der Geschwindigkeit des Beobachtungs-

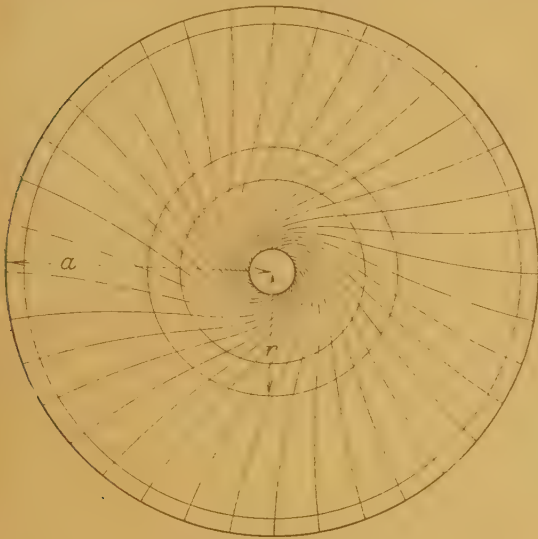


Fig. 9. Wagerechte Radialströmung unter dem Einflusse der Erdrotation.

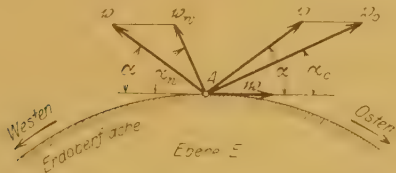


Fig. 10. Scheinbare und wahre Abschlußvektoren bei östlichem und westlichem Schuß.

orts nach der Parallelogrammregel (Vektoradditionsregel) hinzuzufügen. Der absolute Betrag von \mathbf{w} ist

$$w = R \omega_2 = R \omega \cos \varphi,$$

wo R wieder den Erddurchmesser bedeutet. Die wahre Elevation α_o des östlich geworfenen Körpers ist offenbar kleiner als diejenige α_w des westlich geworfenen; dafür wird die wahre Anfangsgeschwindigkeit v_o des östlichen größer als diejenige v_w des westlichen. Die Körper beschreiben Bögen von Keplerellipsen, deren einer Brennpunkt die Erdmitte O ist (Fig. 11 als Erweiterung von Fig. 10 mit gleicher Zeichenebene E). Man sieht deutlich, daß diese Ellipsen stark verschieden sein müssen, daß sie insbesondere verschiedene kleinste Abstände von der Erdmitte haben. Demnach ver-

laufen beide Bewegungen auch für einen irdischen Beobachter ein wenig verschieden. Eine genaue Rechnung¹⁸⁾, auf die wir aber aus so gleich anzuührenden Gründen verzichten, würde ergeben, daß für große Elevationen α die Wurfweite s_o und die Wurfdauer t_o des östlich geworfenen Körpers etwas kleiner als die entsprechenden Zahlen s_w und t_w des westlich geworfenen werden. Für kleine Elevationen gilt hinsichtlich der Wurfweiten und Wurfdauern das Umgekehrte. Die Unterschiede sind allerdings ungeheuer klein, und da sie in Wirklichkeit noch ganz wesentlich vom Luftwiderstand abhängen, so hat ihre Berechnung eigentlich keine praktische Bedeutung. Wiederholt angestellte Schießversuche, meistens für die Elevation 90° , waren viel zu ungenau, als daß sie hier einen Effekt zeigen konnten. Es ist aber denkbar und gar nicht unwahrscheinlich, daß man den Effekt fände, wenn man mit ganz kleinen Geschwindigkeiten arbeiten würde. Eine Versuchsanordnung, die das leisten kann, ist aber bis jetzt nicht ausgedacht worden. Wir stellen nur fest, daß der Effekt für senkrechten Wurf in einer schwachen westlichen Ablenkung bestehen müßte.

10. *Der freie Fall.* Im Gegensatz zum senkrechten Wurf nach oben zeigt der freie Fall nach

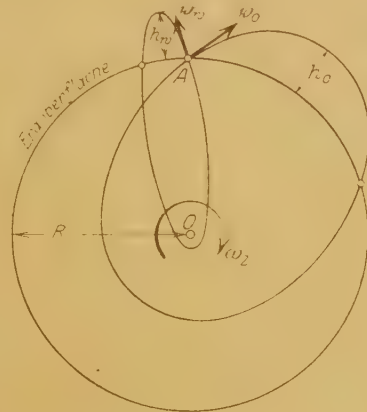


Fig. 11. Bahnen beim Schuß nach Osten und Westen.

unten eine östliche Ablenkung, auf die schon *Newton* hingewiesen hat, und die sich einfach berechnen läßt, auch wenn man von Bewegungswiderständen nicht absieht, aber wenigstens annimmt, daß diese stets von unten nach oben wirken, was sehr genau zutreffen wird. Alsdann beschreibt der fallende Punkt, vom Inertialsystem aus betrachtet, eine Keplerellipse um die Erdmitte als Brennpunkt, und zwar im Scheitel mit der wagerechten Geschwindigkeit $(R+h)\omega_2$ beginnend, wo h die Fallhöhe bedeutet. Es gilt das zweite Keplersche Gesetz (3), wonach die doppelte Flächengeschwindigkeit $r^2 u$ konstant bleibt. Sie hat im Scheitel den Wert $(R+h)^2 \omega_2$ und, nachdem die Höhe z durchfallen ist, den Wert

¹⁸⁾ Vgl. *S. D. Poisson*, Journ. de l'Ecole Polyt. 16 (1838), Heft 26.

$(R + h - z)^2 \cdot d\psi/dt$, falls ψ den Winkel zwischen dem ursprünglichen Fahrstrahl r und demjenigen für die Höhe $h - z$ bedeutet. Hiernach ist

$$(R + h)^2 \omega_2 = (R + h - z)^2 \frac{d\psi}{dt}, \quad \dots (23)$$

woraus die Entwicklung folgt

$$\frac{d\psi}{dt} = \omega_2 \frac{(R + h)^2}{(R + h - z)^2} = \omega_2 \left(1 + \frac{2z}{R + h} + \dots \right). \quad (24)$$

Durch Integration über die ganze Falldauer t_0 ergibt sich hieraus der gesamte Drehwinkel ψ_0 bis zur Erreichung der Erdoberfläche

$$\psi_0 = \omega_2 t_0 + \frac{2\omega_2}{R + h} \int_0^{t_0} z dt + \dots$$

Schließlich kommt für die östliche Voreilung x_0 des Auffallpunkts vor dem inzwischen auch um die Strecke $R \omega_2 t_0$ vorgerückten Lotpunkt des Scheitels

$$x_0 = R \psi_0 - R \omega_2 t_0 = \frac{2R\omega_2}{R + h} \int_0^{t_0} z dt + \dots$$

Bei irdischen Fallstrecken dürfen wir die Glieder mit höheren Potenzen von $z/(R + h)$ unbedenklich fortlassen und $R/(R + h)$ durch 1 ersetzen, so daß mit (2) genügend genau

$$x_0 = 2\omega \cos \varphi \int_0^{t_0} z dt \quad \dots \dots (25)$$

die östliche Ablenkung darstellt. Ohne Bewegungswiderstände ist

$$z = \frac{1}{2} g t^2, \quad \dots \dots (26)$$

also

$$x_0 = \frac{1}{3} g t_0^3 \omega \cos \varphi = \frac{2}{3} h t_0 \omega \cos \varphi, \quad \dots (27)$$

wie schon Laplace¹⁹⁾ gefunden hat. Will man die Bewegungswiderstände berücksichtigen, so muß man zuerst z als Funktion der Zeit neu berechnen und an Stelle von (26) in (25) einsetzen. Die formale Auswertung des Integrals wird dann umständlicher; das Ergebnis kann in der Gestalt

$$x_0 = \frac{2}{3} (h - \eta) t_0 \omega \cos \varphi \quad \dots (28)$$

geschrieben werden, wo η eine an der Fallhöhe anzubringende Korrektur bedeutet, die vom Widerstandsgesetz abhängt. Die bisher angestellten Versuche lohnen die genauere Rechnung nicht. Denn bei ihnen allen beträgt die Streuung ein Vielfaches der erwarteten Ablenkung, und zwar nach allen Himmelsrichtungen hin; lediglich der Mittelwert pflegte dem Sinne und ungefähr der Größe nach dem Werte (28) zu entsprechen. Wir nennen die Versuche²⁰⁾ von Guglielmini in Bologna (1790/92), von Benzen-

berg in Hamburg (1802) und Schlebusch (1804), von Reich in Freiberg (1831), von Hall in Cambridge (Mass.) (1902) und von Flammarton in Paris (1903). Wenn man die Aufschlagpunkte bei jeder Versuchsreihe auf einen Karton aufzeichnet, so sieht das Bild, wie J. G. Hagen treffend bemerkt hat, einer Zielscheibe ähnlich, auf welche sehr ungleichwertige Schützen geschossen haben. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die einzelne Kugel östlich vom Lotpunkt auftritt, verhält sich zur Gewißheit selbst bei den besten Versuchen nur wie 2 : 3. Übrigens deutet der Vergleich der Versuche von Hall (23 m Fallhöhe, mittlerer Fehler 3,3 %) und von Flammarton (68 m Fallhöhe, mittlerer Fehler 22 %) darauf hin, daß nur mit kleinen Fallhöhen bessere Ergebnisse erzielt werden können.

11. Die Atwoodsche Fallmaschine. Um gemäß (27) trotz verkleinerter Fallhöhe h einen gut meßbaren Effekt zu bekommen, muß man die Falldauer t_0 vergrößern. Dies hat J. G. Hagen²¹⁾ auf den glücklichen Gedanken gebracht, die Atwoodsche Maschine zu verwenden, welche, wie bekannt, die Beschleunigung des Falles von g auf einen beliebigen Wert $g' < g$ herabzuzwingen gestattet. Die Masse fällt hierbei an einem Faden hängend nieder; dieser läuft über eine Rolle und ist auf der anderen Seite durch ein Gegengewicht belastet, welches eben die Fallverzögerung verursacht. Die Hagenschen Versuche wurden 1912 im Vatikan gemacht; sie ergaben eine Übereinstimmung mit der Theorie bis auf einen Fehler von 1 % und dürften die freien Fallversuche wohl endgültig erledigt haben. Die östliche Ablenkung, die bei 23 m Fallhöhe und einer Fallbeschleunigung von 0,388 m/sec² etwa 0,9 mm betrug, berechnet sich auf folgende Weise:

Es ist an Stelle von (26)

$$z = \frac{1}{2} g' t^2 \quad \dots \dots (29)$$

in die Gleichung (24) einzuführen, die dann zusätzlich der schon vorhin gemachten Vereinfachungen ergibt

$$\frac{d\psi}{dt} = \omega_2 \left(1 + \frac{g' t^2}{R} \right).$$

Wir müssen die östliche Beschleunigung berechnen; diese ist genau genug

$$R \frac{d^2\psi}{dt^2} = 2 \omega_2 g' t, \quad \dots \dots (30)$$

muß aber offenbar noch durch einen vom östlichen Auspendeln des Fadens herrührenden Betrag vermindert werden. Nennen wir nämlich x die östliche Ablenkung der Masse, nachdem sie die Höhe z durchfallen hat, so ist der östliche Winkelausschlag θ des Pendels sehr angenähert durch den Quotienten x/z dargestellt. Diesen haben wir, um jene westwärts gerichtete Zusatz-

¹⁹⁾ P. S. de Laplace, Mécanique Céleste, 1805, S. 300.

²⁰⁾ Über die Literatur zu diesen Versuchen vgl. Encykl. d. Math. Wiss. Bd. 4, Nr. 1 II, Heft 1: Ph. Furtwängler, Die Mechanik der einfachsten physikalischen Apparate, S. 6 und S. 50.

²¹⁾ J. G. Hagen, a. a. O., 2. Anhang S. 29, sowie gekürzt in den Verh. d. Ges. deutscher Naturf. u. Ärzte, 83. Vers. zu Münster 1912, 2. Teil, 1. Hälfte, S. 37.

beschleunigung zu (30) zu bekommen, zu multiplizieren mit $(g - g')$: denn das Gewicht mg der fallenden Masse, vermindert um die Fadenspannung S muß gleich der effektiven Fallkraft mg' sein, woraus die Fadenspannung $S = m(g - g')$ folgt, deren westliche Komponente sich zu $m(g - g') \sin \vartheta \approx m(g - g') x/z$ berechnet. Hiernach ergänzt sich (30) zu

$$R \frac{d^2 \psi}{dt^2} = 2 \omega_2 g' t - (g - g') \frac{x}{z} \dots (31)$$

Führen wir hier wieder für z seinen Wert (29) ein und nehmen die angenähert richtige Beziehung:

$$x \approx R \psi - R \omega_2 t$$

mit

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = R \frac{d^2 \psi}{dt^2}$$

hinzü, so dürfen wir statt (31) die folgende Differentialgleichung anschreiben

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2 \frac{g - g'}{g'} \cdot \frac{x}{t^2} = 2 \omega_2 g' t.$$

Ihr die Anfangsbedingungen erfüllendes Integral — es muß für $t = 0$ zugleich $x = 0$ und $dx/dt = 0$ sein — lautet, wie man durch nachträgliches Einsetzen leicht bestätigt

$$x = \frac{g'^2}{2g' + g} \omega_2 t^3.$$

Die ganze Auslenkung nach Osten ist mithin

$$x_0 = \frac{g'^2 t_0^3}{2g' + g} \omega \cos \varphi. \dots (32)$$

Es ist noch hinzuzufügen, daß die genaue Theorie auch eine südliche Ablenkung beim fallenden Körper ergibt; sie ist aber von der Größenordnung ω^2 und also viel zu klein, als daß Aussicht bestünde, sie nachzuweisen.

Der Versuch mit der Atwoodschen Fallmaschine läßt eine Abänderung zu in ähnlicher Art, wie sie vom Isotomeographen zu dem Versuch von *Tumlriz* (vgl. 8.) führte. Füllt man eine lotrechte Röhre mit Flüssigkeit, setzt einen Schwimmer genau in die Mitte des Flüssigkeitsspiegels und öffnet sodann einen feinen Hahn im Boden der Röhre, so fällt der Schwimmer mit dem Flüssigkeitsspiegel langsam herab, und es ist zu erwarten, daß der Schwimmer nach Osten gedrängt wird. Der Versuch ist von *Maillard*²²⁾ im Jahre 1908 mit allerdings sehr fraglichem Erfolg gemacht worden.

(Schluß folgt.)

A. Goettes Entwicklungsgeschichte der Tiere.

Von Richard Hesse, Bonn.

Am 31. Dezember 1920 beschloß Alexander Goette, der ehemalige Professor der Zoologie in Straßburg, sein achtzigstes Lebensjahr. Mit Befriedigung kann er auf mehr als fünfzig Jahre

emssiger Forscherarbeit zurückblicken, die er ganz in den Dienst eines einzigen Gebietes der Biologie, der Entwicklungsgeschichte der Tiere, gestellt hat. Eine reiche Fülle neuer Tatsachen hat er uns zugänglich gemacht; aber, was mehr ist, er hat dieses Tatsachenmaterial geistig verarbeitet, geordnet und als Grundlage für allgemeine Folgerungen verwertet. Er hat, wie es ein echter Forscher tun muß, stets Beobachtung und Reflexion vereinigt. Es ist ein weiter Weg von seiner Entwicklungsgeschichte der Unke (1875) bis zu den jüngsten Untersuchungen über die Entwicklung der Hydroidpolypen und den Lebenszyklus von *Diffugia*, die zum Teil erst während des Krieges und nach diesem erschienen sind; er hat ihn durch eine große Reihe von Tiergruppen hindurchgeführt. Als Krönung dieses Gebäudes hat uns jetzt Goette, gleichsam als Rechenschaftsbericht über seine wissenschaftliche Tätigkeit, eine wunderbare, vollreife Frucht seines Schaffens geschenkt, „die Entwicklungsgeschichte der Tiere“⁴⁾. In ihr bietet er uns die Quintessenz seiner Lebensarbeit, und er könnte sie, wie sein Landsmann *Karl Ernst von Baer* die Scholien und Corollarien zu seiner Entwicklungsgeschichte, als sein „wissenschaftliches Glaubensbekenntnis über die Entwicklungsgeschichte der Tiere“ bezeichnen.

Das Buch stellt nicht etwa ein Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte dar. Es wendet sich an die Wissenden und ist keine leichte Lektüre. Die Tatsachen der Entwicklungsgeschichte werden im allgemeinen vorausgesetzt. „Die Untersuchung soll uns über die sichtbaren äußeren Erscheinungen hinaus und stets weiter zurückgreifend bis zu jenen Tiefen führen, wo an die Stelle empirischer Befunde nur noch theoretische Vorstellungen und Begriffe treten.“ Er will „an einigen ausgewählten Beispielen darlegen, worauf die vergleichende Entwicklungsgeschichte eigentlich hinausläuft und welche kritische Methode uns zu diesem Ziele führt“. Die moderne Forschung hat sich zu diesem Zwecke vielfach des Experiments bedient. Aber bei aller Anerkennung für die Bedeutung dieses Weges hält Goette doch die systematisch durchgeführte Vergleichung für das wichtigste Hilfsmittel bei der Suche nach den allgemeinen kausalen Zusammenhängen der organischen Entwicklungserscheinungen. Sie führt auf „Naturexperimente“, die oft an Stellen ansetzen, wo künstliche Experimente kaum jemals ausgeführt werden könnten, wird aber durch die letzteren auf das beste ergänzt.

Im Ei müssen die letzten Ursachen gelegen sein, auf die alles ontogenetische Geschehen in irgendeiner Weise zurückgeführt werden muß. Für jeden einzelnen Entwicklungsvorgang sind aber nächste Ursachen vorhanden, die teilweise auch außerhalb des Eies liegen können. Präfor-

4) Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1921. gr. 8°. V, 380 S. und 102 Textfiguren. Preis geh. M. 60,—; geb. M. 68,—.

22) L. Maillard, Comptes rendus 147 (1908), S. 524.

miert nennt *Goette* eine Entwicklung, bei der letzte und nächste Ursachen identisch sind; dagegen behauptet die Lehre von der Epigenesis, daß sich der Komplex der nächsten Ursachen für jeden Entwicklungsvorgang stets von neuem bildet. Unter Zugrundelegung dieser Definition ist nun *Goettes* Buch das Hohelied der Epigenesis. Die Präformationstheorie weist er in jeder Beziehung zurück, als eine ebenso überflüssige wie unbegründete Hypothese. Die Schrift stellt sich damit in scharfen Gegensatz zu der ursprünglichen Weismannschen Determinantenlehre und wird stellenweise ganz zu einem „Antiweismann“. Der Nachweis epigenetischen Geschehens wird durch die ganze Ontogenese mit ihren Teilgebieten, der morphologischen und geweblichen Sonderung, durch die Regeneration und die Fortpflanzung (mit Teilung, Knospung und Keimbildung) durchgeführt, und zum Schluß werden die phyletischen Leistungen der Ontogenese, die Vererbung, die erblichen Abänderungen, die Form- und Artbildung unter diesem Gesichtspunkt betrachtet. Die Fülle der Einzelfragen, die dabei berührt werden, müssen wir hier übergehen. Nur das muß gesagt werden, daß es ein hoher Genuß ist, so im Zusammenhang das sehr folgerichtig aufgebaute Gedankengebäude des Verfassers vor uns erstehen zu sehen.

Reiche Anregung gibt *Goette* auch für manche Fragen, die nicht unmittelbar zu seinem Stoff gehören. Vor allem beachtenswert ist seine Stellungnahme gegen den Mißbrauch, der mit dem Begriff Anpassung getrieben wird. „Das Wort Anpassung gehört in erster Linie zu jenen bequemen Ausdrücken, die unter dem Schein einer anerkannten Erklärung oft nur die Unfähigkeit zu einer solchen verbergen.“ Erst war die Abänderung da, dann die Verwendung zu bestimmter Verrichtung; er führt *Goethes* Wort an: „der Stier hat nicht Hörner, um zu stoßen, sondern er stößt, weil er Hörner hat“. Die Anpassung nennt er eine in der Organisation selbst enthaltene Fähigkeit, die in der Existenzfähigkeit der Träger nur ihre Grenzen und ihr Regulativ findet. — Der Abschnitt über Urzeugung und Urorganismen und die Umbildung der biologischen Anorgane, der Vorstufen der Lebewesen, zu primitivsten Organismen, durch Individualisierung zu Korrelationsbezirken, gehört zu den fesselndsten Stücken. — Auch noch unveröffentlichte Einzeluntersuchungen sind stellenweise eingefügt, so über die Knospen des Süßwasserschwammes (S. 266 f.) und die Stolonenbildung bei der Ascidie *Clavellina* (S. 287). Alles aber fügt sich zu einer wohlabgerundeten, lückenlosen Einheit zusammen.

Goette hat stets den Mut zu eignen Ansichten gehabt, auch wenn sie gegen allgemein anerkannte Lehrmeinungen verstießen. „Anders, als sonst in Menschenköpfen, malt sich in diesem Kopf die Welt.“ Wer seine früheren Arbeiten kennt, der weiß, daß gar manche seiner Folgerun-

gen schwerlich allgemeinen Beifall finden wird. Das ist ganz natürlich bei phylogenetischen Spekulationen (z. B. Einheitlichkeit des alten Bryozoeotypus), die auch bei ontogenetischer Begründung meist auf schwankem Boden stehen; es gilt aber darüber hinaus auch für die grundlegenden Auffassungen von Leben und Entwicklung ganz im allgemeinen. Diese seine Sonderstellung war der Hauptgrund dafür, daß sein prächtiges Lehrbuch der Zoologie (1902) nicht die genügende Empfehlung an Anfänger fand und es deshalb bedauerlicherweise nicht zu einer Neuauflage gebracht hat. Aber gerade für das vorliegende Werk sind diese besonderen Auffassungen des Verfassers eine nachdrückliche Empfehlung; es ist originell im besten Sinne des Wortes.

Die Geschichte der Wissenschaft lehrt die Wandelbarkeit der Lehrmeinungen kennen und warnt davor, zu sehr auf die Sicherheit des zurzeit anerkannten Lehrgebäudes zu vertrauen. Es ist überaus nützlich, immer wieder entgegenstehende Erklärungsmöglichkeiten zu prüfen und abzuwägen, ob nicht das Fundament wankt, auf dem wir weiter bauen wollen. Und wenn bei solcher Prüfung auch eine Zurückweisung der Einwürfe herauskommen sollte, so wird sie doch nie ohne Gewinn sein, wenn nur jene Einwürfe sich auf ein gut beobachtetes Tatsachenmaterial stützen. Die Tatsachen der Beobachtung sind ja nicht eindeutig, ja sie scheinen sich sogar vielfach zu widersprechen. Wenn *Goette* die Sporen der Protozoen aus einer amorphen Protoplasma-masse hervorgehen läßt und in der Keimbildung allgemein die Wiederherstellung des Zustandes der biologischen Anorgane sieht, wenn er die Kontinuität des Lebens bestreitet, indem er es als eine jeweils unterbrochene Reihe einzelner Ontogenesen auffaßt, die nur durch die Kontinuität des Plasmas verbunden sind, so läßt sich gegen solche Deutungen wohl mancherlei anführen. Man kann sich dem Eindruck nicht verschließen, daß für *Goette* die „Korrelationen“ unter der Hand ebenso zu einem Zauberstab werden, wie für *Weismann* die „Determinanten“; die Mystik knüpft hier an diese, dort an jene an. Wenn er die allgemeine Herrschaft der Epigenesis überall und immer wieder betont, so vermißt man dabei eine Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der morphologischen und experimentellen Vererbungsforschung und ihrer Bewertung des Chromatins und der Chromosomen; es ist bezeichnend, daß in dem umfangreichen Literaturverzeichnis kein einziger Aufsatz von *Boveri* aufgeführt ist. Aber auch ein Leser, der sich in manchem oder vielem der Ansicht des Verfassers nicht anschließt, wird doch überall eine Fülle von Anregung und Förderung bekommen und wird dem Verfasser dankbar sein für diese herrliche Gabe, aus der die jugendliche Geistesfrische des greisen Gelehrten überall hervorleuchtet.

Besprechungen.

Möller, Hans Georg, *Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen.* Sammlung Vieweg, Heft 49. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1920. XIV, 162 S., 163 Figuren und 1 Tafel. Preis M. 10,— + Teuerungszuschlag.

Das vorliegende Heft der Sammlung Vieweg bringt für denjenigen, der sich mit Fernmeldetechnik zu beschäftigen hat, eine recht wichtige und nützliche Zusammenstellung der Eigenschaften und Gesetze der Elektronenröhren. Der Verf., welcher während des Krieges bei der technischen Abteilung für Funkgerät die Bearbeitung der theoretischen Fragen dieses Gebietes übernommen hatte, hat hierbei eine glückliche Hand gehabt und hat nunmehr seine Resultate in ausgebauter Form im vorliegenden Buch veröffentlicht. — Man kann *Max Wien* beistimmen, der im Vorwort zum Ausdruck bringt, daß jedem, der tiefer in das Wesen der Röhrenschwingungen eindringen will, das Buch unentbehrlich sein wird. Bei der grundlegenden Bedeutung, welche der Elektronenröhre in der Technik zukommt, ist es freilich nicht verwunderlich, daß die Fortschritte auf diesem Gebiete so zahlreich sind, daß das Buch heute bereits eine Neuauflage erleben könnte. Da die ausländische Literatur keine Berücksichtigung erfahren hat, so wäre hierin auch eine Vervollständigung zu wünschen.

Die Gliederung des Stoffes ergibt einen Abschnitt über die physikalischen Vorgänge in der Röhre, in welchem die wichtigen und bei theoretischen Betrachtungen unentbehrlichen Begriffe, wie Emissionsstrom, Anodenstrom, Gitterstrom, Durchgriff erläutert und die Barkhausen'schen Röhrenformeln angeführt werden. Die weiteren Abschnitte behandeln die Röhre als Verstärker für Nieder- und Hochfrequenz, als Sender für ungedämpfte Schwingungen mit Fremd- und Selbsterregung. Ein ausführlicher Abschnitt ist dem Audion und seinen verschiedenen Verwendungsarten beim Empfang elektrischer Schwingungen gewidmet. — Für die Behandlung der Senderschwingungen hat *Möller* den Begriff der Schwingkennlinien eingeführt, wodurch dieselbe erheblich an Anschaulichkeit gewinnt. Eingehender ist auch die Erscheinung des „Ziehens“ der Röhren untersucht, die übrigens gleichzeitig auch von anderer Seite erfolgreich bearbeitet worden ist. Die ziemlich ausführliche Theorie des Audions führt nach *Möller* auf die Möglichkeit eines indifferenten Gleichgewichts beim Schwingaudion. Die Bedürfnisse der Praxis hätten in dem Buche etwas besser herausgehoben werden können. Es ist sehr viel praktisch Nützliches ohne Zweifel darin zu finden, jedoch das Wichtige von dem weniger Wichtigen nicht genügend hervorgehoben. Einige Angaben über Dimensionierung von Sendern bestimmter Energiemenge wären an praktischen Typen anzugeben.

Die beim Hochfrequenzverstärker (Fig. 52) gezeichnete negative Vorspannung der Gitter führt in der Praxis zu keinen Resultaten, muß bei den üblichen Röhren sogar positiv sein. Das Kapitel über Maschinen- und Gleichrichtergeräusche ist zu ausführlich gehalten und bringt nicht die brauchbaren und üblichen Verfahren. Bei dem Schwingaudion dürfte sich der in Fig. 148 gemachte Vorschlag kaum verwirklichen lassen.

G. Leithäuser, Berlin.

Mache, H., *Einführung in die Theorie der Wärme.* Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger W. de Gruyter & Co., 1921. VIII, 319 S. und 96 Figuren. Preis geh. M. 50,—, geb. M. 60,—.

Das Buch ist zum weitaus größten Teil aus Vorlesungen hervorgegangen, die der Verfasser an der Wiener Technischen Hochschule vor Studenten des Maschinenbaufaches gehalten hat. Es umfaßt in breiter Darstellung die Grundlagen der Thermodynamik, den ersten und zweiten Hauptsatz sowie deren Anwendungen auf einfache Körper und Systeme zweier koexistierender Phasen. In den an die Vorlesungen sich anlehnenden Kapiteln handelt es sich keineswegs um eine rein theoretische Darstellung; vielmehr werden überall die experimentellen Methoden zur Vertiefung des Verständnisses stark betont.

In nur losem Zusammenhang mit den übrigen Abschnitten steht die Behandlung der Wärmestrahlung und optischen Pyrometrie sowie das ausgezeichnete, von *L. Flamm* geschriebene Kapitel über die Anwendung der statistischen Theorie und der Quantentheorie auf die Wärmelehre nebst einer Ableitung des Planck'schen Strahlungsgesetzes.

Fast vermißt man bei einer so weiten Ausdehnung des Themas eine Darstellung der Wärmeleitung. Doch wird auch die theoretische Thermodynamik selbst nicht erschöpfend behandelt, da jedes Eingehen auf die physikalische Chemie und die Theorie der Lösungen vermieden ist. Dem Nernst'schen Wärmesatz werden nur wenige Seiten gewidmet.

Der Verfasser hat es vielfach wohl verstanden, Gedankengänge, die dem Anfänger Schwierigkeiten bereiten, und die in unsern besten Lehrbüchern oft sehr kurz abgehandelt werden, in klarer Weise ausführlich darzustellen. So weist er mehrfach nachdrücklich auf die Bedingungen hin, welche erfüllt sein müssen, um das Arbeitsdifferential dA durch $p \cdot dv$ ersetzen zu können. Seine mathematischen Entwicklungen sind einfach und durchsichtig. Sehr zu begrüßen ist z. B. auch die scharf ausgesprochene Unterscheidung zwischen der physikalischen und technischen Atmosphäre.

Das Kapitel über die Definition der Entropie, eines der wichtigsten in einem Buch über die Wärmelehre, ist allerdings mißlungen. Die Entropieänderung kann nicht (S. 157) als $dS = \frac{dQ}{T}$, sondern nur als $dS = \frac{dU + p dV}{T}$ angesetzt werden. Auch ist die Behauptung unrichtig, daß die Berechnung der Entropie sich „streng genommen“ nur auf umkehrbare Prozesse beschränken muß. (S. 158.) Leider kann dem Buch auch nicht der Tadel erspart werden, daß es im experimentellen Teil, der wohl $\frac{1}{2}$ des ganzen in Anspruch nimmt, oberflächlich geschrieben ist. Wichtige Methoden fehlen gänzlich (z. B. vermißt man die dynamische Methode zur Bestimmung der Dampfdrucke S. 238). Die mitgeteilten Beobachtungsdaten sind vielfach nur noch von historischem Interesse, so die Ausdehnungs- und Spannungskoeffizienten von Wasserstoff, Luft und Kohlensäure (S. 243) nach *Regnault*, während die viel besseren von *Chappuis* nicht erwähnt sind. Der Leser findet nirgends einen Literaturhinweis, so daß jede Möglichkeit zur Verbreiterung der Studien abgeschnitten ist.

Ungewöhnlich ist es, ein Gas oberhalb der kritischen Isoterm permanent zu nennen, eine Wärmemenge als Wärmegewicht zu bezeichnen, die physikalische Atmosphäre durch *At* abzukürzen, von Volumseinheit zu sprechen usw.

Der Student, der sich kurz über die wichtigsten Sätze und Fragen der Wärmelehre unterrichten will, wünscht neben größter Zuverlässigkeit eine leicht verständliche Darstellung des Themas, die frei von

allen Nebensächlichkeiten gehalten ist. Der Mann der Wissenschaft und der Ingenieur brauchen neben exakter, klarer Wiedergabe der Theorie eine erschöpfende Darstellung der experimentellen Ergebnisse. Die Wünsche keiner dieser beiden Gruppen von Interessenten finden in dem vorliegenden Buch über die Wärmelehre ihre Erfüllung. *F. Henning, Berlin.*

Love, A. E. H., Theoretische Mechanik, eine einleitende Abhandlung über die Prinzipien der Mechanik, übersetzt von H. Polster. Berlin, Julius Springer, 1920. 424 S. und 88 Fig. Preis geh. M. 48,—; geb. M. 54,—.

Ein gutes Lehrbuch für die Unterstufe! Es wird an höherer Mathematik nur sehr wenig vorausgesetzt, und viele mathematische Begriffe werden an Hand des anschaulichen mechanischen Beispiels entwickelt und klagemacht. Eine Fülle von Beispielen, wie sie kaum ein anderes Lehrbuch enthält, soll die Grundbegriffe und Lösungsmethoden dem Studierenden einhämmern. Wegen dieser Reichhaltigkeit wird das Buch auch dem Lehrer Anregung bringen können. Auf der anderen Seite stehen aber auch die Nachteile eines derartigen Einpaubuches. Die schwierigeren und tiefergehenden Probleme sind ganz zurückgestellt; man findet nichts über Variationsprinzipien, keinen Übergang zum nicht starren Körper und zur Hydrodynamik, auch nichts vom Kreisel usw. Auch ein elementares Lehrbuch könnte wohl durch Hinweise auf die interessanteren, tiefer liegenden Fragen an Farbe gewinnen.

L. Hopf, Aachen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Darwin und der Keplerbund.

Herr *B. Bavink*, der sich als „wissenschaftlicher Leiter“ des Keplerbundes vorstellt, führt Klage, ich hätte dieser Vereinigung Unrecht getan (Naturw. 1921, S. 457). Eine Billigung demagogischer Methoden der Polemik sei ihr nicht zuzutrauen. Schon die Grundsätze des Keplerbundes schlossen eine Vermengung der Naturwissenschaft mit politischen, wirtschaftlichen und auch religiösen Bestrebungen aus. In den „Ruf nach der Polizei“ will also *Bavink* nicht einstimmen, und die Beurteilung von *Darwins* Lehre will er der Fachwissenschaft überlassen. In einem von ihm selbst verfaßten Aufsatz (auf den er, ganz irrtümlich, meine Äußerung bezieht) habe er sich mit Zurückhaltung ausgedrückt, und aus dem „Werden der Organismen“ habe er nur Unverfängliches sich zu eigen gemacht. Dazu rechnet er die Behauptung: *Aus Darwins Lehre könne ein jeder entnehmen, was ihm paßt, wie aus einem Orakelspruch.*

So gerne ich nun von der Grundstimmung dieser Ausführungen Kenntnis nehme, so muß ich doch leider *Bavink* gerade in den wesentlichsten seiner tatsächlichen Feststellungen widersprechen. Wirklich ist im Organ des Keplerbundes eine rückhaltlos anerkennende Rezension (der 1. Auflage) des „Werdens der Organismen“ enthalten, und das eben hatte ich behauptet. Ihr Verfasser ist Herr *E. Dennert* in Godesberg, der langjährige Spiritus rector des Keplerbundes. Derselbe Schriftsteller hatte schon vorher eine auf das Laienpublikum zugeschnittene Agitation entfaltet, in der er vom Standpunkte einer „christlichen Weltanschauung“ aus die Lehre *Darwins*, die auch bei ihm mit einem Sammelbegriff „Darwinismus“ zusammenfließt, mit eben den Mitteln bekämpfte, deren Gebrauch nun auch

Bavink mißbilligt. Das ist allgemein bekannt. Das Buch „Vom Sterbelager des Darwinismus“ ist viel besprochen worden, und es gibt noch mehr derart. Ich muß mich wundern, daß *Bavink* gar nicht daran gedacht zu haben scheint. Der hervorgehobene Ausspruch aber, der denn doch ein fachwissenschaftliches Urteil enthält, ist so falsch wie alles übrige in der Kritik *O. Hertwigs*, der die tatsächlich vorhandenen Schwierigkeiten der Selektionstheorie nicht erkannt und überhaupt nicht berührt hat. Das Wort vom Orakel ist falsch, weil alle die einzelnen Urteile falsch sind, deren Zusammenfassung es darstellt. Ich muß vermuten, daß ich mich noch immer nicht deutlich genug ausgedrückt habe. Ich will also versuchen, die Sache besser zu machen.

Richtig ist nur dieses, daß zahlreiche Schriftsteller sich die Selektionstheorie mit Hilfe ihrer eigenen Phantasie und Logik zurechtgelegt haben, und daß sie die Schuld an dem Widersinn, der bei ihnen selbst oder anderen so zustande gekommen ist, *Darwin* zur Last legen.

Was man nur wollte, konnte man dem großen Forscher zuschieben, da man sich gleichzeitig eine starke Abweichung von den Gepflogenheiten der wissenschaftlichen Welt erlaubte. Wenn Behauptungen aufgestellt werden, die für das Ansehen anderer abträglich oder gar (wie in diesem Falle) nahezu vernichtend sind, so verlangt die gute Sitte einen bündigen Beweis. Es muß jedem die Möglichkeit geboten werden, sich selbst zu überzeugen. Dazu gehören verständliche (also bei umfangreicheren Werken mit Seitenzahlen versehene!) Verweisungen auf die kritisierten Schriften. Aber nichts derart gibt es in der gesamten antdarwinistischen Literatur! Allen den Unsinn, den man dem großen Forscher hat aufbürden wollen, das ganze Gemisch von Unklarheiten und inneren Widersprüchen, dessen Dasein den Satz vom Orakelspruch rechtfertigen müßte, wird in *Darwins* Werken ein zugleich sachkundiger und gewissenhafter Leser vergeblich suchen. Vorurteil und Oberflächlichkeit haben diese Dinge heraus- oder vielmehr hineingelesen. Und das ist der sehr einfache Grund für das Fehlen von Belegstellen. Daß bei ihnen selbst irgend etwas (namentlich die verwendete Logik) in schwerer Unordnung sein könnte — also der zu allernächst liegende Gedanke —, ist keinem dieser Kritiker in den Sinn gekommen. Entsprechend dieser Sachlage verweist immer einer auf den anderen, unbekümmert darum, daß auch der schon nichts bewiesen hatte. Erfolgt aber Widerspruch, so wird er ignoriert. Beides tut auch Herr *Bavink*.

Bavink weiß, wie ich diesen ganzen Feldzug beurteile, und er hat auch gelesen, daß ich nicht etwa ebenfalls den Beweis schuldig geblieben bin, sondern ihn, in einer Fachzeitschrift, mit allen zur Nachprüfung erforderlichen Quellenangaben geführt zu haben vermeine. Es ist nicht angängig, sich über so etwas hinwegzusetzen und andere glauben zu lassen, daß die vermeintliche Orakelhafteit *Darwins* eine unbestrittene und unbestreitbare Tatsache ist.

Bavink hat sich also von dem in seinem Keplerbund herkömmlichen Vorurteil gegen den Begründer der Selektionstheorie nicht losgemacht, und er hat die Vorsicht nicht angewendet, die überall vonnöten, doppelt notwendig aber dann ist, wenn man zu einem Publikum spricht, das in seiner Mehrzahl fachwissenschaftliche Kritik gar nicht üben kann.

Soviel zur Sache. Persönlich bemerkt *Bavink*, daß meine Tonart der Beruhigung der Gemüter nicht dien-

lich sei. Was gehn mich Gemüter an, ich will Wahrheit. Erbauungsschriften verfasse ich nicht. Meine Tonart entspricht der empörenden Sachlage. Übrigens ist der scharfe Ton nicht erst von mir angeschlagen worden, sondern er ist zuvor schon von der Gegenseite her erklungen, was *Bavink* unerwähnt gelassen hat. Man hatte *Darwin* als einen halben Idioten hingestellt.

Diesmal habe ich noch geantwortet, weil ich der Öffentlichkeit wie auch Herrn *Bavink* immerhin eine Erklärung schuldig zu sein glaube. In Zukunft aber werde ich der Gegenpartei so lange nichts erwidern, als sie eine Verpflichtung zu ordentlicher Beweisführung nicht anerkennt und sich vielmehr mit Pauschalurteilen oder mit Berufungen auf angebliche Autoritäten und mit unkontrollierbaren Behauptungen begnügt. Eine Fortsetzung dieser Erörterung dürfte hiermit, soweit meine Beteiligung daran in Frage kommt, völlig ausgeschlossen sein.

Bonn, den 30. Juni 1921.

E. Study.

Über die Polflucht der Kontinente.

Im Hefte 25 der Naturwissenschaften (S. 499) berechnet *P. Epstein* die Größe der Kraft, welche die Polflucht der Kontinente bewirkt, und findet, daß „die zentrifugalen Kräfte der Erdrotation eine Polflucht in dem von *Wegener* angegebenen Betrage erzeugen können und erzeugen müssen“. Wir möchten darauf aufmerksam machen, daß *Epstein* einen wesentlichen Punkt nicht berücksichtigt, der dieses Ergebnis völlig in Frage stellt. Seine Rechnung basiert auf der Voraussetzung, daß die Kontinentalschollen unbegrenzte Ebenen darstellen, die nur an ihrer Unterseite mit dem Sima in Berührung stehen und bei ihrer Bewegung daher nur die innere Reibung der an ihnen haftenden Simamassen zu überwinden brauchen. In Wirklichkeit tauchen sie aber fast in ihrer ganzen Mächtigkeit in das Sima ein. Bei ihrer Verschiebung ist daher nicht nur die innere Reibung der sie *unterlagernden*, sondern außerdem der viel größere Stirnwiderstand der von ihnen zu *verdrängenden* Simamassen zu überwinden. Die Bewegung der Schollen erfolgt in einem *widerstehenden Mittel*. Für Luft und Wasser hat man experimentell Formeln hergeleitet, welche die Bewegung näherungsweise darzustellen vermögen; die Bewegung in anderen Mitteln entzieht sich aber leider noch völlig unserer Kenntnis. Es läßt sich daher auch die Art der Fortbewegung der Kontinentalschollen im Sima, ganz abgesehen davon, daß sie durch Nebenumstände (unregelmäßige Gestalt der Schollen, geringe Ausdehnung des Simas und daher nur begrenzte Möglichkeit seines Ausweichens) noch wesentlich beeinflusst wird; durch Rechnung nicht bestimmen. Das eine aber steht fest, daß ein Druck von 1 bis 2 Atmosphären auf dem Quadratcentimeter bei Gesteinen gar keine erkennbare Wirkung zu äußern vermag. Wenn dies der Fall wäre, so könnte kein Haus gebaut werden, weil es sogleich im Boden versänke, und Gebirge würden so beweglich sein wie Wasserwellen. Erst bei einem Druck von vielen 1000 Atmosphären auf dem Quadratcentimeter dürfte man damit rechnen, daß Gesteinsmassen plastisch werden und ausweichen. Die von *Wegener* angegebenen Ursachen einer Polflucht der Kontinente sind hiernach nicht imstande, die angenommene Wirkung hervorzubringen.

Die gewöhnlich gebrauchte Ausdrucksweise: „Kontinentalschollen, die auf dem Sima schwimmen“ verleitet übrigens leicht zu einer falschen Beurteilung der tatsächlichen Verhältnisse. Wenn auch zuzugeben

ist, daß nach den Anschauungen der Isostasie die leichteren Kontinente aus dem umgebenden schwereren Sima wie Inseln herausragen, so muß man sich doch hüten, das Sima mit dem irdischen Ozean und die Kontinente mit darauf schwimmenden festen Körpern zu vergleichen. Die Sima- und Sialmassen unterscheiden sich nicht durch ihren Aggregatzustand. *Beides* sind feste Massen, und wenn auch ein wagerecht wirkender Druck von genügender Stärke vorhanden wäre, so stünde noch keineswegs fest, daß unter seiner Einwirkung die Kontinentalschollen ihre Festigkeit behalten, die ihnen im Wege befindlichen Simamassen aber plastisch und zum Ausweichen gezwungen würden, sondern ebensogut wäre es denkbar, daß die Kontinentalmassen leichter plastisch würden als die ihnen widerstehenden Simamassen und daher anstatt sich im Sima zu verschieben, vor der festen Stirnwand desselben nur platt gedrückt würden.

Darauf, daß die geringe Kraft, welche die Polflucht bewirkt, nur Hügel von einigen Metern Höhe aufwerfen könnte, macht auch *Epstein* aufmerksam. Eine physikalische Rechtfertigung der *Wegenerschen* Hypothese steht hiernach noch aus.

Bremen, den 30. Juni 1921.

Fr. Nölke.

Zur Polflucht der Kontinente von P. S. Epstein.

Die Darlegungen enthalten eine wertvolle exakte Erklärung für eine Wanderung der Eisblöcke nach Süden und damit infolge der Reibung auch für eine schwache Oberflächenströmung in dieser Richtung. Die Anwendung auf die Verschiebung der Kontinentalschollen gegen die Meeresschollen setzt aber entweder voraus, daß das Meer auf flüssigem Sima ruht oder daß die feste Kruste unter dem Meer leicht zerbrechlich und verschiebbar ist, daß also die Bewegung der Kontinente, der Salschollen, durch die Simaschollen unter dem Meere keine Hindernisse erfährt. Dies trifft kaum zu; denn die Dicke der festen Erdkruste ist etwa gleich der Tiefe der sog. Ausgleichsfläche, etwa 120 km, und auch unter den Meeren nicht viel geringer. Hiergegen ist die mittlere Tiefe der Ozeane von etwa 5 km recht klein, kann also keine bedeutende Schwächung der Kruste bewirken. Diese Tatsachen scheinen mir zunächst die Hauptschwierigkeit für jede Erklärung der Hypothese von *A. Wegener* über die Wanderung der Kontinente zu bilden.

Die Theorie von Herrn *P. S. Epstein* ist aber auf die Hypothese *Wegeners* auch deshalb nur schwer anwendbar, weil die erstere eine viel stärkere N—S- als O—W-Wanderung verlangt, *Wegener* aber Gebirgszüge und Küsten von Europa und Amerika durch direkte fast reine O—W-Verschiebung in Verbindung setzt.

Freiburg i. Br., den 7. Juli 1921.

J. Koenigsberger.

Die Einleitung des Handbuches der Radiologie.

In Nr. 13 dieser Zeitschrift habe ich Band I des bekannten Marxschen Handbuches der Radiologie „Die Ionisation der Gase“ von *J. S. Townsend* besprochen. Herr *E. Marx* hat mich darauf aufmerksam gemacht, daß einiges in meiner Besprechung mißverständlich sein könnte. Wie erwähnt, fehlen in *Townsend's Buch* (nicht im ganzen Handbuch) die heute für die physikalische Theorie der Ionisation grundlegenden Erscheinungen von *Franck* und *Hertz*, die zur Zeit der Fertigstellung der Manuskriptes vor 6—7 Jahren im wesentlichen schon vorlagen, deren tiefere Bedeutung aber erst in den folgenden Jahren sich offenbarte. Der Verfasser verweigerte eine Neubearbeitung, so daß Band I eine

zusammenfassende Bearbeitung der Ionisation der Gase zwar nicht darstellt, das Buch aber doch seine Bedeutung behält durch die eingehende und umfangreiche mathematische Behandlung der Ionisation durch unelastischen Stoß, der Diffusionsvorgänge usw., Punkte, die in der Besprechung schon hervorgehoben waren. Die Franck-Hertz'schen Arbeiten sind ja in anderem Zusammenhang in Band 5 des gleichen Handbuchs von *Starke* behandelt.

Daß das späte Erscheinen des Buches — über 6 Jahre nach Fertigstellung des Manuskripts — zu Unzuträglichkeiten würde führen können, war in Besprechungen der anderen Bände oftmals betont. Der Herausgeber war stets derselben Meinung, konnte aber die Herausgabe beim Verlag nicht erreichen; da dies aus Worten von Herrn *Marx* bekannt ist, so konnte mein diesbezüglicher Vorwurf auch ihn niemals treffen. „Jetzt Band I erscheinen zu lassen, ist, nachdem eine fünfjährige Fortentwicklung seit der Drucklegung des Werkes verstrichen ist, ohne gründliche Nachbearbeitung seitens der Mitarbeiter kaum zu empfehlen. Ob hierzu aber die Zeit kommen wird, und wann, läßt sich heute nicht sagen“ — so schrieb *Marx* im Juli 1918 (Vorwort zu Band 5). Die Zeit kam nicht, die Bemühungen, die Nachbearbeitung zu erreichen, waren vergeblich. Da, wie Herr *Marx* mir schrieb, nicht daran zu denken war, den Band einzustampfen, so hat er sich doch entschlossen, ihn herauszugeben und wenigstens an der Stelle, an welcher *Townsend's* Ansicht als stark veraltet bezeichnet werden muß (§ 54) auf die Hallwachssche Behandlung der Lichtelektrizität hinzuweisen. Den beabsichtigten Charakter einer Einführung in das ganze Handbuch hat der Band nicht. Die schon hervorgehobene, ganz umfangreiche mathematische Behandlung der älteren Ionisationstheorie durch unelastischen Stoß verleiht dem Buch eher den Charakter einer Monographie. Diese Darstellung ist tiefgehend, wie Herr *Marx* auch in seinem Vorwort schrieb; (durch ein Versehen steht im Referat statt „tiefgehend“ „gründlich“). Wissenschaftlicher und literarischer Wert soll dem *Townsend'schen* Buch nicht abgesprochen werden. Als „Fundament und Einleitung des ganzen Handbuchs der Radiologie“, dessen Herausgabe Herrn *Marx* vielfach gedankt worden ist, vermag der Referent den Band I in seiner jetzigen Form nicht anzusehen. Hierzu fehlen einmal zu viel ältere Untersuchungen der Ionenforschung, dann aber auch jegliche Bezugnahme auf ein Atommodell oder auf quantentheoretische Fragen, ohne welche eine physikalische Ionisationstheorie heute nicht mehr von heuristischem Wert sein kann.

Frankfurt a. M., den 9. Juli 1921.

Walther Gerlach.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 4. Juni hielt Dr. L. *Waibel* (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern *Natur- und Lebensbilder aus dem tropischen Afrika*. Vom Urwald zur Wüste. Der Redner schildert die einzelnen Landschaftstypen, die er in Kamerun und Deutsch-Südwestafrika kennen gelernt hatte, den Urwald, die offene Grasflur der Savanne, die wildreiche Steppe und die Wüste der Namib mit ihrem Reichtum an Diamanten. In ausführlicherer Weise hat der Vortragende diese Stimmungsbilder in einem besonderen Werk veröffentlicht¹⁾.

¹⁾ *Leo Waibel*, Urwald — Veld — Wüste. Breslau, 1921. 208 S. mit 20 Naturaufnahmen und einer Kartenskizze.

In der Fachsitzung am 20. Juni besprach Dr. W. *Behrmann* (Berlin) die von ihm gemeinsam mit dem Kolonialkartographen *H. Wehlmann* konstruierte *Karte des Sepikflusses in Neuguinea* im Maßstab 1 : 250 000. Sie beruht außer auf früheren kartographischen Quellen vor allem auf den Aufnahmen, die der Vortragende als Mitglied der Kaiserin-Augusta-Fluß-Expedition in den Jahren 1912 bis 1913 ausgeführt hat. Er behandelte im einzelnen die wissenschaftlichen Grundlagen der Arbeit, die astronomischen Ortsbestimmungen, die Triangulierungsarbeiten, die Peilungen mit Universalinstrument und Kompaß, die durch Zeichnungen und photographische Aufnahmen ergänzt wurden. Für stereophotogrammetrische Vermessungen erwies sich das Gelände als nicht geeignet. Das so gewonnene Gerippe wurde durch Peiltisch- und Routenaufnahmen ausgefüllt. Die Höhenverhältnisse gelangten durch Einzeichnen von Höhenschichtlinien in Abständen von 30 zu 30 m (geschätzt) zur Darstellung. Höhenmessungen mit Aneroidbarometern und Siedethermometern gründeten sich auf die Basisstationen im Hauptlager Malu (70 m) und Sattelberg (869 m). Die trigonometrische Methode versagte, weil der federnde Boden des Urwaldes keinen genügend festen Standpunkt abgab. Die definitive Karte in drei großen Blättern macht einen vorzüglichen Eindruck, und es ist zu hoffen, daß der Wunsch des Vortragenden, es mögen sich Mittel finden lassen, um den Druck dieses Denkmals deutscher kolonialer Tätigkeit zu bewerkstelligen, in Erfüllung geht. Die Karte zeigt manche Änderung gegen die erste provisorische Karte, die der Vortragende in seinem Werk über den Sepik¹⁾ veröffentlicht hat. In der anschließenden Besprechung, an der sich die Herren *Baschin*, *Brennecke*, *Kohlschütter*, *Penck*, *Schrader* und *Weidner* beteiligten, kam u. a. die Verwendung von Luftfahrzeugen zu Aufnahmезwecken in Neuguinea, die schnelle Veränderung des Flußlaufes durch Abschneiden der Mäander zur Sprache, sowie die gewaltigen Schwierigkeiten, unter denen die Arbeiten in dem tropisch heißen und gewitterreichen Sumpf- und Urwaldgelände zu leiden hatten.

O. B.

Astronomische Mitteilungen.

Physikalisches aus dem *Annual Report of the Director of the Mount Wilson Observatory 1920*. Der lebhafteste Aufschwung, den die physikalische Forschung in den Vereinigten Staaten von Amerika in den letzten Jahren genommen hat, beruht nicht zum kleinsten Teil auf der außerordentlichen Höhe der Geldmittel, welche dort für diesen Zweck zur Verfügung stehen, welche aber auch in manchen Fällen in ausgezeichneter Weise ausgenutzt werden. Diese glückliche Lage erlaubt es dem astrophysikalischen Observatorium auf dem Mount Wilson bei Pasadena in Kalifornien, neben den eigentlichen astrophysikalischen Forschungen, über die hier²⁾ bereits berichtet worden ist, in seinem sehr reich ausgestatteten physikalischen Laboratorium auch alle diejenigen, natürlich ganz überwiegend optischen Fragen zu untersuchen, deren Klärung für die Astrophysik von Bedeutung ist, die

¹⁾ Der Sepik (Kaiserin-Augusta-Fluß) und sein Stromgebiet. Von *Walter Behrmann*. Mitteilungen aus den deutschen Schutzgebieten 1917, Ergänzungsheft 12. 100 S. mit 9 Tafeln und einer Karte 1 : 1 500 000.

²⁾ Die Naturwissenschaften 9, 437, 1921.

aber auch allgemein physikalisches Interesse haben. Über die physikalischen Untersuchungen aus dem Jahr 1920 soll hier kurz berichtet werden.

Unter Leitung von *Michelson*, der seine Tätigkeit jetzt offenbar ganz vorwiegend auf den Mount Wilson verlegt hat, ist eine Neubestimmung der Lichtgeschwindigkeit nach der Methode des rotierenden Spiegels (*Foucault*) in Vorbereitung. Die bisherige Genauigkeit des Wertes derselben wird auf 0,01% (= 30 km) geschätzt. Die Hauptfehlerquelle wird in der Bestimmung des Winkels gesehen, um den der zurückkehrende Strahl durch den Drehspiegel verschoben wird. *Michelson* verbessert die Methode durch Verwendung eines Drehspiegels mit 4 bzw. 8 unter 90° bzw. 135° stehenden einzelnen Spiegelflächen. Außer der gegenüber dem einzelnen Spiegel erhöhten Lichtstärke bietet diese Anordnung den Vorteil, daß man gewissermaßen eine Nullmethode verwenden kann. Es wird nämlich die Rotationsgeschwindigkeit, welche bis zu 2000 Umdrehungen in der Sekunde gebracht werden kann, so einreguliert, daß das Licht zur Zurücklegung eines Hin- und Herweges genau die Zeit einer Viertel- bzw. Achteldrehung gebraucht, so daß der zurückkommende Strahl in sich selbst zurückläuft. Die Bestimmung des Nullpunkts wird durch zwei Beobachtungen mit entgegengesetztem Drehungssinn des Drehspiegels, bei denen jedesmal das Bild des Spalts auf das Fadenkreuz des Beobachtungsfernrohrs gebracht wird, unnötig gemacht. Die Entfernung von 37,5 km, die bei 1000 Umdrehungen des 90°-Spiegels benötigt wird, bietet bei der in Kalifornien herrschenden klaren Luft keine Schwierigkeiten. Vorversuche ergaben befriedigende Resultate.

Sehr bemerkenswert ist ein neuer Vorschlag von *Michelson*, die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte Abbiegung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde mittels seines hier bereits besprochenen Interferometers¹⁾ nachzuweisen. Falls es glücken sollte, kleine Abstandsänderungen zweier Sterne zu messen, die um einige Bogenminuten (nicht um Bruchteile einer Bogensekunde, wie bei den bisherigen Beobachtungen an Doppelsternen) auseinanderstehen, so könnte man daran denken, die Lichtabiegung im Schwerfeld des Jupiter nachzuweisen und von der lästigen Beschränkung auf die seltenen totalen Sonnenfinsternisse frei zu werden. Eine mögliche Schwierigkeit kann darin liegen, daß die atmosphärischen Störungen bei zwei so weit auseinanderstehenden Sternen bereits in hinderlicher Weise verschieden sein können.

Bekanntlich hat *St. John* — im Gegensatz zu *Grebe* und *Bachem* — aus dem Verhalten der sog. Cyanbande 3883 Å auf der Sonne auf die Abwesenheit der von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Rotverschiebung der Spektrallinien geschlossen. Allerdings hat sich neuerdings herausgestellt, daß diese Bande nicht, wie man bisher annahm, eine verschwindende Druckverschiebung zeige. Sie ist daher für den gedachten Nachweis ungeeignet. Doch haben neue Messungen von *St. John* an dem grünen Magnesiumtriplekt wieder keine oder nur sehr geringe Verschiebungen ergeben. Diese betragen nämlich auf der Sonne gegenüber den im Lichtbogen gemessenen Absorptionslinien nur 0,000, 0,003 und 0,002 Å, während die Theorie 0,011 Å fordert. Doch gelten die Untersuchungen nicht als abgeschlossen und werden fortgesetzt. Eine eingehende Untersuchung wird denjenigen Linien gewidmet, welche für den Nachweis der

Rotverschiebung besonders in Betracht kommen, so denjenigen von Barium, Lanthan, Strontium, Calcium und Nickel, letzteres im roten Spektralbereich. Es sind ferner sehr gründliche Beobachtungen im Gange mit dem Ziel, festzustellen, welche Linien sich für diese Untersuchungen besonders eignen.

Brakett hat das ultrarote Sonnenspektrum bis 9900 Å photographisch aufgenommen. Dieses ist zwischen 9000 und 9350 Å und oberhalb 9500 Å reich an feinen Linien. Dazwischen erstreckt sich ein Gebiet mit breiten verwaschenen Linien. Insgesamt sind 530 Linien gemessen worden, von denen — durch das Auftreten der Dopplerverschiebung am Sonnenrande — etwa 10% als solaren Ursprungs erkannt wurden. Die übrigen werden, auf Grund ihres Verhaltens bei verschiedenem Wasserdampfgehalt der Atmosphäre, zu meist dem Wasserdampf zugeschrieben.

Zur Untersuchung der Absorptions- und Emissionspektren erhitzter Gase, wie sie von *King* auf dem Mount Wilson ausgeführt werden, ist ein neuer elektrischer Ofen gebaut worden, in dem Temperaturen bis über 3000° abs. hergestellt werden können. *King* hat hiermit die Spektren verschiedener Elemente, insbesondere einiger seltener Erden, untersucht. Er findet, daß manche Gruppen von Linien nur bei tieferer, andere nur bei höherer Temperatur auftreten. Die letzteren Liniengruppen dürften im Anschluß an die Überlegungen von *Saha* den ionisierten Elementen zuzuschreiben, also als Funkenspektren anzusehen sein. Auf gleiche Weise wurden Eisen und Mangan im Ultrarot sowie Barium untersucht. Besonderer Wert ist im Hinblick auf diesbezüglich erhobene Einwände dem Nachweis beigelegt, daß Potentialdifferenzen in den untersuchten Dämpfen keinen Einfluß auf die Spektren haben. Die Cyanbande 3883 Å zeigt ein verschiedenes Verhalten in Emission und Absorption im Ofen einerseits und im Lichtbogen andererseits. Ebenso verhält sich die Bande 5165 Å.

Große Anstrengungen werden gemacht zur Festlegung neuer Wellenlängennormalen. So wurden rund 600 Linien des Eisens mit dem Interferometer und mit dem Gitter gemessen. Die Wellenlängen der stärkeren Linien stimmen mit den Angaben anderer zuverlässiger Beobachter gut überein.

Es wird angestrebt, eine Anzahl von Linien atmosphärischen Ursprungs, welche also von den speziellen siderischen oder solaren Einflüssen frei sind, als Wellenlängennormalen festzulegen und damit die Aufnahme eines Vergleichsspektrums überflüssig zu machen. Einige Linien des Sauerstoffs und des Wasserdampfs, die sich durch besondere Schärfe auszeichnen, erweisen sich dafür als besonders geeignet. Genaue Messungen der sehr feinen Absorptionslinien des Joddampfes werden zu dem Zweck angestellt, diese Linien, die man bequem jedem Spektrum überlagern kann, an Stelle der roten Kadmiumlinie als Wellenlängennormale zu benutzen. Die erreichbare Genauigkeit der absoluten Wellenlängenmessung dieser Linien wird auf $\frac{1}{5} 000 000$ geschätzt.

Neue Messungen der Abhängigkeit der Wellenlänge vom Druck sind in Angriff genommen in einem Druckbereich zwischen 1 Atm. und wenigen mm. Zunächst haben die Messungen eine gute Bestätigung der Beobachtungen von *Gale* und *Adams* über die Druckverschiebung gewisser Linien des Eisens ergeben.

Die Untersuchungen von *Anderson* über die Funkenspektren, deren Kenntnis von so großer Bedeutung sowohl für die Atomtheorie, wie für die

¹⁾ Die Naturwissenschaften 9, 104 u. 599, 1921.

Astrophysik ist, sind von ihm gemeinsam mit *Babcock* mit verbesserten Mitteln fortgesetzt worden, und zwar an Eisen, Nickel, Chrom, Titan und Vanadium. Die Methode von *Anderson* besteht bekanntlich darin, daß ein dünner Draht des zu untersuchenden Materials durch den Entladungsschlag eines großen Kondensators momentan verdampft wird. Die Kapazität des neuen Kondensators betrug 1 MF, seine Spannung 25 000 Volt. Auf den Spektrogrammen erscheinen die Absorptionslinien des Dampfes über dem kontinuierlichen, hellen Grunde, der von dem weißglühenden, verdampfenden Drahte herrührt. Die Temperatur des Drahtes wird auf etwa 20 000° geschätzt. Die bisherigen Untersuchungen sind in Luft ausgeführt. Sie sollen auf andere Atmosphären ausgedehnt werden. Auffallend ist die Bemerkung, daß eine Vergrößerung der Entladungsenergie nur den roten Teil des Spektrums zu verstärken scheint.

Miß *Carter* hat die Spektren der Funkenentladung im Hochvakuum zwischen Metallelektroden untersucht. Mit einem Entladungsrohr von ähnlicher Art, wie es *Millikan* zur Erzeugung sehr kurzwelliger Strahlung benutzte, nahm sie die Spektren von Eisen, Titan, Calcium, Kadmium und Magnesium im sichtbaren Bereich auf. Diese sind, mit Ausnahme des Eisens, den gewöhnlichen Funkenspektren weitgehend ähnlich.

Zur Untersuchung des Zeemaneffektes in Dämpfen ist ein von einer Spule umgebener elektrischer Ofen gebaut worden, in dem ein Feld von 40 000 Gauß hergestellt werden kann. Dieser soll in erster Linie zur Aufklärung gewisser Anomalien des Zeemaneffektes im Fleckenspektrum Verwendung finden.

Bei der Photometrierung von Sternen ist gelegentlich mit Erfolg von einer Verstärkerröhre Gebrauch gemacht worden.

Der Physiker darf mit Interesse dem weiteren Fortgang dieser vielfach großzügigen, zum Teil erst in den Anfängen befindlichen Forschungen entgegensehen. Sehr nachahmenswert erscheint das enge Zusammenwirken von Physikern und Astrophysikern, wie es auf dem Mount Wilson verwirklicht ist. Der Vorteil für die Astrophysik liegt klar zutage. Dem Physiker aber erleichtert sie den Eingang in das gewaltige Laboratorium des Kosmos mit seinen im irdischen Laboratorium nie erreichbaren Möglichkeiten, insbesondere seinen ungeheuren Temperaturen, zu dem der Astrophysiker den Schlüssel in Händen hat. Insbesondere die Atomphysik wird durch ein energisches

Fortschreiten auf diesem Wege außerordentlich gefördert werden können.

W. Westphal, Berlin.

Das neue **Astrophysikalische Observatorium** des „Dominion“ Canada in Victoria hat nach kurzer Zeit des Bestehens (Herbst 1918) den 1. Band seiner Veröffentlichungen herausgegeben. Das 1. Heft desselben gibt uns eine ausführliche Beschreibung des 72-zölligen Reflektors (1,83 m Öffnung, 9,14 bzw. 33 m Brennweite), seiner Entstehung und Aufstellung¹⁾. Heft 10 enthält 100 Sterne, die neu als spektroskopische Doppelsterne erkannt sind. Zusammen mit der Mount-Wilson-Sternwarte will *J. S. Plasket*, der Leiter des neuen Instituts, die Radialgeschwindigkeiten aller noch nicht genügend untersuchten Sterne des Boßschen Generalkatalogs ermitteln. Von 772 Programmsystemen sind vorab 554 beobachtet, wobei sich 100 als Doppelsterne herausstellten. Folgende Übersicht zeigt die Verteilung derselben auf die einzelnen Spektralklassen:

Spektrum	Typus	Von unter- suchten	sind Doppel- sterne	%
B	Orionsterne	65	21	32
A	Wega	220	57	26
F	Procyon	116	20	17
G	Sonne, Capella	45	1	2
K	Arktur	112	1	1
M	Beteigeuze	16	0	0

Danach besteht unter den heißesten Sternen jeder dritte aus 2 Komponenten, während bei den kälteren dieser Zustand immer seltener wird. In großen Zügen werden hierdurch die gleichgerichteten Untersuchungen der Licksternwarte usw. bestätigt.

Die übrigen Hefte des 1. Viktoriabandes enthalten Bahnbestimmungen alter und neugefundener derartiger Systeme, von denen als besonders interessant die von U Ophiuchi, RS Vulpeculae und TW Draconis hervorgehoben seien. Diese sind gleichzeitig Bedeckungsveränderliche (Algoltypus), und die Verbindung der spektroskopischen Beobachtungen mit den photometrischen gestattete die wahren Dimensionen der Sterne und ihrer Bahnen zu ermitteln. Tabellarisch sei auszugsweise einzelnes hier wiedergegeben, das besser als lange Worte die Verhältnisse dieser Weltkörper kennzeichnet:

¹⁾ Vgl. „Die Naturwissenschaften“ 1919, S. 660.

	U Ophiuchi	R. S. Vulp.	TW Draconis
Umlaufzeit in Tagen	1,677	4,477	2,087
Abstand der Komponenten in km	8 915 000	15 300 000	9 681 000
„ „ „ „ Einheiten des Sonnenradius	12,82	22,00	13,92
Umlaufgeschwindigkeit km/sec	392,0	54,0	65,8
Radius des helleren Sterns	3,23	2,05	1,81
„ „ schwächeren „	3,23	10,25 (!)	5,10
Masse „ helleren „	5,36	5,40	3,36
„ „ schwächeren „	4,71	1,69	1,24
Dichte „ helleren „	0,18	0,63	0,57
„ „ schwächeren „	0,16	0,0016 (!)	0,0094
Leuchtkraft des helleren Sterns	100	33	—
Entfernung von uns (in Lichtjahren)	660	700	—

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 34. (Seite 655—670)

26. August 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Vögel der deutschen Kulturlandschaft. Von *Fritz Braun, Danzig*. S. 655.

Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde. Von *R. Grammel, Stuttgart*. (Schluß.) Mit 6 Abbildungen. S. 660.

Besprechungen:

Schulz, Hans, Das Sehen. Eine Einführung in die physiologische Optik. Von *A. Brückner, Jena*. S. 665.

Grübler, Martin, Lehrbuch der Technischen Mechanik. Von *L. Hopf, Aachen*. S. 666.

Bühler, Karl, Die geistige Entwicklung des Kindes. 2. Auflage. Von *H. Gruhle, Heidelberg*. S. 666.

Zuschriften an die Herausgeber:

Die Einwirkung starker elektrischer Felder auf die Absorptionslinien des Natriumdampfes. Von *R. Ladenburg*. S. 667.

Ionisierungsspannung der Halogenwasserstoffe. Vorläufige Mitteilung. Von *Paul Knipping, Berlin-Dahlem*. S. 667.

Biologische Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 667—669.

Schlesische Characeen. Verhältnis von Temperatur und Ernährung in ihrem Einfluß auf die Mengenentwicklung des tierischen Netzplanktons. Das Problem der Cyanophyceenzelle. Einfluß der Temperatur auf das Wachstum gewisser parasitischer Pilze. Nervenleitungs geschwindigkeit und osmotischer Druck.

Astronomische Mitteilungen:

Die Veränderlichen vom Miratypus. Die Spektren der langperiodischen Veränderlichen vom Miratypus. S. 669—670.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers

Ein Leitfaden

für die Praxis und zum Gebrauch im Laboratorium

Von

Geh. Regierungsrat

Dr. W. Ohlmüller

und

Geh. Regierungsrat

Professor Dr. O. Spitta

„Vierte, neu bearbeitete Auflage

Mit 96 Textfiguren und 6 zum Teil mehrfarbigen Tafeln (XVI, 381 S.)

Preis M. 88.—; gebunden M. 96.—

Aus dem Vorwort:

... Zur Beurteilung des Nutzwassers ist die chemische Untersuchung stets notwendig. Einen Unterschied zwischen Nutz- und Trinkwasser zu machen, ist aber vom hygienischen Standpunkt aus gewöhnlich nicht zugänglich.

Bis auf wenige stehen daher die hygienischen Sachverständigen auch heute noch auf dem Standpunkte, daß die chemische Untersuchung des Wassers für seine hygienische Beurteilung wertvoll ist. Aus diesen Erwägungen heraus ist der Grundgedanke und der Aufbau des vorliegenden Buches der gleiche geblieben, d. h. die chemische Untersuchung hat neben den Methoden der physikalischen, der mikroskopisch-biologischen und der bakteriologischen Untersuchung ihren berechtigten Platz behalten.

Auch auf die bisher geübte ausführliche Beschreibung der Technik mancher chemischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren glaubten wir nicht verzichten zu sollen, um auch dem weniger Geübten die Möglichkeit zu geben, sich in die Materie einzuarbeiten.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (256)

WARUM

haben Sie sich bei Ihrem Bedarf an Büchern bisher noch nie an mich gewandt? Ich beschaffe Ihnen

ALLE

Werke, vergriffene auf Wunsch auch antiquarisch zu angemessenen Preisen. Bedenken Sie, dass die

BÜCHER

bei der jetzigen allgemeinen Teuerung in guter Ausstattung noch die billigsten Erzeugnisse sind und daher auch als Geschenk die dankbarste Anerkennung finden. Wünschen Sie ein Verzeichnis

UMSONST?

So Schreiben Sie noch heute an
(252) **KARL W. GRUHL,**
Versandbuchhandlung,
LEIPZIG 38, Scharnhorststr. 63.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Der Flug der Tiere

Von

Dr. F. Zschokke

Professor der Zoologie an der Universität Basel

(IV, 110 S.)

1919. Preis M. 5.— (und Teuerungszuschlag)

Das Buch will einer mit biologischen Fragen sich beschäftigenden Leserschaft Aufschluß geben über das Vorkommen der fliegenden Lebensweise im Tierreich, über ihren Ursprung, ihre Erscheinung und ihren Erfolg, und besonders über die Bedeutung des Flugs für die Stellung des mit Flügeln ausgerüsteten Geschöpfes im Naturganzen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

26. August 1921.

Heft 34.

Die Vögel der deutschen Kulturlandschaft.

Von Fritz Braun, Danzig.

Es ist selbstverständlich, daß jeder Naturforscher, der des Glaubens lebt, auch sein beschränktes Arbeitsgebiet sei sich nicht Selbstzweck, sondern müsse zu seinem Teil der Aufgabe dienen, das Weltbild und die Weltanschauung des Menschen zu erweitern und zu vertiefen und seine geistige Weltherrschaft sicherer zu begründen, mit besonderer Freude und Spannung solche Bücher zur Hand nimmt, die sich die Aufgabe gestellt haben, einen größeren Begriffskreis zusammenfassend zu behandeln und gleichzeitig nach höheren Gesichtspunkten zu ordnen.

So bemächtigte sich denn auch meiner eine gehörige Spannung, als mir der Postbote Dr. Otto Schnurres Buch: *Die Vögel der deutschen Kulturlandschaft* (Marburg a. d. L., N. G. Elwert'sche Verlagsbuchhandlung, 1921) ins Haus getragen hatte. Und diese Spannung wuchs noch, als ich das Buch zum ersten Male durchblätterte. Genügte das doch schon, um festzustellen, hier habe ein Mann geschafft, der nicht nur fleißige Sammelarbeit betrieb, sondern auch so eingehende Kenntnisse vom *Leben* der Vögel besaß, daß er zu richtigem Urteilen wohl befähigt war.

Aber selbst mit diesem Rüstzeuge vermochte der Verfasser kaum irgendwo zu abschließenden Ergebnissen zu gelangen. Wir können Büchern dieser Art gar nicht genugsam danken, daß sie uns immer wieder zu Gemüte führen, wie wenig wir auch heute noch imstande sind, die ursächlichen Zusammenhänge tierischen Lebens klar zu erkennen. Vollzog sich doch beispielsweise der Einzug der Amsel (*Turdus merula* L.) in die Gärten meiner Vaterstadt Danzig sozusagen unter den Augen des heute lebenden Geschlechts, und doch vermag niemand in einwandfreier Weise klarzulegen, was dazu den eigentlichen Anstoß gegeben habe, und wie sich dann die Einbürgerung im einzelnen, sozusagen Schritt für Schritt vollzog. Es wäre alberne Überhebung, wollte ich die Tatsache, daß ich selber während jener Zeitspanne meiner Vaterstadt zumeist entrückt war, noch eigens hervorheben. Bessere Feldornithologen als ich — brauche ich doch nur den Prof. A. H Barth zu nennen — vermochten ja der Sache auch nicht auf den Grund zu kommen.

Besonders angenehm berührt uns an dem Buch des Frankfurter Vogelkundigen die ruhige und besonnene Betrachtungsweise, die niemals darauf ausgeht, durch neue Theorien zu blenden. Macht

man doch gerade auf ornithologischem Gebiet immer wieder die Erfahrung, daß die Kühnheit der Theorien in umgekehrtem Verhältnis zur Gründlichkeit der fachmännischen Durchbildung ihrer Urheber zu stehen pflegt.

Es versteht sich von selbst, daß ein Schriftsteller, der so umfangreichen Stoff zusammenfassend behandeln möchte, auch sehr umfangreicher Vorarbeiten bedarf. Nur ein armseliger Geist wird diese Tätigkeit rein äußerlich leisten, jedes „Denkmännlein“ aber schon bei den Vorarbeiten bemüht sein, die Einzelheiten in größere Zusammenhänge zu rücken. Als Ergebnis dieser Denkarbeit wird sich dann eine Grundstimmung herausbilden, die für das Verhältnis des Forschers zu seinem Stoff bezeichnend ist. Weit davon entfernt, eine *vorgefaßte* Meinung zu sein, wird sie selber eigentlich schon das wichtigste Ergebnis der geleisteten Arbeit darstellen.

Schon bei seiner vorbereitenden Tätigkeit gelangte unser Verfasser zu der Überzeugung, er müsse jenen Schriftstellern entgegentreten, welche den Menschen nur als Naturverwüster und unerbittlichen Tierfeind schildern. Vermochte er sich doch dem Eindruck nicht zu entziehen, daß gerade die deutsche Park- und Gartenlandschaft, die ohne die Tätigkeit des Menschen niemals zustande gekommen wäre, die vogelreichste Geländeform unserer Heimat sei, und daß die Intramuralornis mancher Großstadt mit ihren Lustgärten und Friedhöfen viel artenreicher sein dürfte als die Vogelwelt umfangreicher Urwaldgebiete der paläarktischen Region, in denen der Mensch noch bis heute in der Hauptsache ein Fremdling blieb. Manche Naturschützer möchten solche Ausführungen wohl kurzer Hand zurückweisen und uns Vogelarten wie den Kolkraben (*Corvus corax* L.), den Schwarzstorch (*Ciconia nigra* L.), den Wanderfalken (*Falco peregrinus*, Tunstall), den Uhu (*Bubo bubo* L.) und manche andere Raubvögel nennen, die dem Menschen das Feld räumen mußten. Ob aber der Schwarzstorch jemals über eine solche Individuenzahl verfügte wie auch nur einer der häufigsten Singvögel, die heutzutage den grünen Gartengürtel unserer Großstädte so freundlich beleben? Jene romantische Stimmung, die es unsere Naturfreunde so schmerzlich empfinden läßt, daß über dem Wäldchen bei ihrer Vaterstadt kein Kolkrabenpaar mehr seine miniglichen Flugkünste übt, daß der sonnige Spiegel des heimischen Strandes nicht mehr das mächtige Flugbild des Fischreiher widerspiegelt, der sich langsamen Fluges von einer stillen Bucht zur anderen wiegt, ist gerade bei unseren Landsleuten

wohl zu verstehen; aber dennoch verdiente sich *Schnurre* unseren Dank dadurch, daß er die Sachlage einmal von der entgegengesetzten Seite beleuchtet hat. Handelte es sich darum, die deutsche Vogelwelt der neolithischen Periode mit der unserer Tage zu vergleichen, so würde trotz des Ausmerzens so manches ihrer stattlichsten Vertreter die zweite Artenliste der ersten kaum etwas nachgeben, und sollten wir die Individuenzahl der Vögel in den beiden Zeitabschnitten miteinander vergleichen, so möchte die Vorzeit noch weit schlechter abschneiden. Dennoch dürfte diese Feststellung für so manche Fachgenossen noch etwas Überraschendes haben. Hoffentlich lassen sie sich ihre Widerlegung recht sauer werden, so daß wir in Kürze imstande sind, hinsichtlich dieser Frage ein abschließendes Urteil zu fällen. Daß ein Naturschützer des Glaubens leben könnte, er müsse hier sozusagen aus rein praktischen Gründen auf dem Widerspruch beharren, vermögen wir uns nicht recht zu denken. Erscheint uns doch die Verpflichtung jedes gemütvollen Menschen, den Tierbestand seiner Heimat nach Kräften zu erhalten und nach Möglichkeit zu vergrößern, so selbstverständlich, daß sie über solchen Streit der Meinungen weit hinausgehoben ist.

Recht frühzeitig mag unser Autor auch zu dem Entschluß gekommen sein, die Vögel der deutschen Kulturlandschaft in Wald-, Steppen- und Felsbewohner einzuteilen. Wie weit aber diese Begriffe hier gefaßt werden müssen, ergibt sich schon daraus, daß in diesem Zusammenhang der Trauerfliegenschnäpper (*Muscicapa atricapilla* L.) geradesogut wie die Zaungrasmücke (*Sylvia curruca* L.) als Waldbewohner aufgefaßt werden sollen und die Feldlerche (*Alanda arvensis* L.) wie die Dorngrasmücke (*Sylvia sylvia* L.) der Steppe zu überweisen sind. Söhnen wir uns aber damit aus, so läßt sich vom logischen Standpunkte aus kaum etwas gegen diese Einteilung vorbringen, und späterhin freuen wir uns auf Schritt und Tritt, wie übersichtlich man nach diesem Gesichtspunkte den ungeheuren Stoff zu ordnen vermag.

Daß mir die Ausführungen *Schnurres*, in denen er jenen entgegentritt, nach deren Meinung sich die Vogelarten heute dieser, morgen jener Umwelt anpassen, besonders gut eingehen, ist nicht befremdlich, weil ich selber von jeher der gleichen Ansicht lebte. Erfahrungsgemäß ging es den meisten wider den Strich, die Veränderungen einer Lokalornis in der Hauptsache auf die Wandlungen des Wohnraums zurückzuführen. Viel lieber söhnte man sich mit neuen Lebensgewohnheiten der Vogelarten aus. So kam es denn, daß die Beständigkeit des Pflanzenlebens im Kulturlande recht unbillig überschätzt wurde. Meine engere Heimat, der Danziger Gau, hat ihr Aussehen beispielsweise in dem letzten Menschenalter so grundsätzlich und wesenhaft verändert,

daß wir uns in Anbetracht dessen fast darüber wundern müssen, daß ihre Vogelwelt sich noch so gleich geblieben ist.

Meiner Ansicht nach müssen wir dem Verfasser dafür Dank wissen, daß er die *Beständigkeit der Lebensgewohnheiten der Vogelarten* wieder und wieder hervorhebt. Wollte die Natur mit ihren Tierarten in der Weise experimentieren, daß sie die Arten bald dieser, bald jener Umwelt „anpaßt“, so würde sie die meisten von ihnen wohl gar bald hinwegexperimentiert haben. Im allgemeinen dürften wohl solchen Pflanzenvereinen, die selber in Jahrtausenden nur geringem Wandel unterworfen sind, ebenso beständige Tierformen entsprechen, und die rasche Zunahme der Kulturfolger mag wohl, wie *Schnurre* richtig hervorhebt, nur darauf beruhen, daß der Mensch der Umgebung seiner Wohnstätten in der jüngsten Zeit das Gepräge *uralter* Geländeformen gab, die sich, wie die Buschsteppe und der lichte, von Wiesenflächen unterbrochene Wald, seit jeher einer reichen Vogelwelt erfreuten. Diese reiche Vogelwelt bezog nun auch die neuen, von Menschenhand bereiteten Wohnstätten, deren menschliche Bewohner ihr vollkommen gleichgültig waren. Allerdings macht sich der Verfasser bei diesen Auseinandersetzungen dann und wann gewisser Übertreibungen schuldig. Hätte er z. B. selber gesehen, auf was für baumlosen, mauerumhegten Hofplätzen in manchen österreichischen Städten (wie Graz etwa) die Amsel haust, so möchte er seine Ansicht wohl kaum aufrechterhalten, auch die Stadtamseln seien durchgängig der Geländeform treu geblieben, in der sie vormals zu hause pflegten. Aber, alles in allem genommen, möchten wir seiner Auffassung der Dinge doch beipflichten. Es war durchaus notwendig, die Beständigkeit der Lebensgewohnheiten auch bei solchen Arten, die ins Kulturland übersiedelten, trotz einzelner Ausnahmen einmal gehörig hervorzuheben, da die gegenteilige Auffassung uns rettungslos in die Irre führt.

Wie wenig sich die neuen Lebensbedingungen der Kulturfolger von den früheren unterscheiden, wurde mir noch dieser Tage so recht klar, als ich die Hausrotschwänzen (*Erithacus titys* L.) beobachtete, die von den hohen Dächern des riesigen Sandsteingebäudes, in dem ich hause, abendlicherweise herabkommen, um sich in dem Gesträuch des Gartens herumzutreiben. Genau so machten sie es in den Schluchten des Balkans südlich von Wratza, nur daß dort die Felswände den hochaufstrebenden Mauerflächen entsprechen.

Überall ist unser Gewährsmann bemüht, die Einbürgerung der rezenten Vogelarten Deutschlands in möglichst große Fernen zurückzuverlegen, indem er immer wieder betont, weite Lößgebiete Süddeutschlands hätten schon bei der ersten Besiedelung durch den Menschen kein lückenloses Waldkleid getragen, sondern noch am ehesten den Namen einer Steppenlandschaft verdient, die nur hier und da durch Baumgruppen

und lichte Gehölze belebt wurde. So ist er denn des Glaubens, daß fast alle Vogelarten, die uns heute in unserem Vaterlande begegnen; schon zu der Zeit des neolithischen Menschen dort in kleinen Stämmen vertreten gewesen seien, deren Individuenzahl dann durch die Kulturarbeit des Menschen zugleich mit der Ausdehnung der von ihnen bevorzugten Geländeform gewaltig answachsen konnte. Das gilt für Lerchen- und Ammernarten ebensogut wie für viele Sylviinae und Fringilliden.

Bei dem Bestreben, *die meisten unserer deutschen Vögel als Altbürger auf deutschem Boden* nachzuweisen, mag *Schnurre* wohl dann und wann etwas zu weit gehen, im großen und ganzen aber dürfte seine Ansicht durchaus zutreffen. Leider Gottes fehlen uns ja gerade auf diesem Gebiet zumeist alle Unterlagen, da die Aufzeichnungen nur bei wenigen Arten weit genug zurückreichen. So wäre es denn fast immer ganz verfehlt, aus dem Mangel an Aufzeichnungen irgendwelche bestimmte Folgerungen zu ziehen und etwa beispielsweise anzunehmen, die Gebirgsbachstelze (*Motacilla boarula* L.) und der Zwergfliegenschnäpper (*Muscicapa parva* Bechstein) seien vor jenen vierzig oder fünfzig Jahren in Westpreußen nicht vorgekommen, weil sie nirgends verbucht worden sind. Die Beobachter waren damals noch recht dünn gesät und klebten außerdem bei dem Mangel an schnellen und billigen Verkehrsmitteln derart an ihrem Wohnorte, daß dessen weitere Umgebung für sie gar nicht mehr in Frage kam. Erst in der allerletzten Zeit wurde das anders, und wenn sich nun die Listen der Brutvögel in manchen Gegenden schnell verlängerten, so handelte es sich dabei viel weniger um eine Zunahme des Vogelbestandes als um eine Vermehrung der Beobachter und die Vergrößerung ihrer Freizügigkeit.

Mit vollem Recht wird auch darauf hingewiesen, daß die großen Rodungen im Mittelalter das Bild unserer heimischen Natur von Grund aus verändert haben, doch sollte man bei dieser Gelegenheit noch eigens hervorheben, daß der Wandel nicht nur den Bewohnern der Kultursteppe, sondern auch den eigentlichen Waldvögeln zugute kam, weil die viel weniger den tiefen Wald als seine Ränder zu bewohnen pflegen. Nehmen wir beispielsweise an, eine zusammenhängende Waldmasse von 200 km² Größe wurde von zwei durchschnittlich drei Kilometer breiten Lichtungen durchschnitten, so wurde dadurch nicht nur ein viele Quadratkilometer großer Siedlungsraum für allerlei Bewohner der offenen Landschaft gewonnen, sondern wir dürfen auch mit großer Sicherheit annehmen, daß der dabei verbleibende Waldrest nunmehr eine viel größere Zahl von Waldvögeln beherbergte als vorher.

In dem Zusammenhange möchte ich darauf hinweisen, daß *Schnurre* auch der Bedeutung der Flußläufe für die Verbreitung der Vogelarten nicht hinreichend gerecht wird. „Vielleicht liegt

das daran, daß er mehr die Verhältnisse des hügeligen und bergigen Mitteldeutschlands als die des ebenen Nordens im Auge hat. Hier in den großen Ebenen stellt jeder Flußlauf im dichten Walde einen breiteren oder schmäleren Streifen Wiesenland und Buschsteppe dar, so daß er in der Regel viel weniger den eigentlichen Wasser- und Ufervögeln als den Siedlern jener Geländeformen zugute kommt. Man darf beinahe sagen, daß die Flüsse das Aussehen des Geländes in vieler Hinsicht ähnlich beeinflussen, wie später der Mensch. Wenn fürderhin die Flußläufe bei dem Zug und Strich der Vögel eine so große Rolle spielten, so lag das beileibe nicht nur daran, daß sie besonders gangbare Straßen darstellten, sondern wir müssen dabei auch den Umstand berücksichtigen, daß viele Arten sich hier dauernd in jener Geländeform bewegen konnten, in der sich ihr Leben auch sonst abzuspielen pflegt.

Während sich sonst *Schnurre* mit berechtigter Entschiedenheit gegen die Fachgenossen auflehnt, welche den Vogel als eine wahre Anpassungsmaschine darstellen möchten, muß er ihm doch, was den *Fluchtreflex im Verkehr mit dem Menschen* angeht, eine große Wandelbarkeit zuschreiben. Um ihm darin beizupflichten, bedarf es keiner tiefgründigen philosophischen Untersuchungen; wir brauchen nur unsere eigenen Erfahrungen zu Hilfe zu nehmen. Das Gymnasium zu Dt.-Eylau, an dem ich jahrelang wirkte, ist erst vor kurzer Zeit auf einer Waldlichtung erbaut worden und liegt fernab von allem großstädtischen Leben und Treiben. Trotzdem hatten es die Nebelkrähen (*Corvus cornix* L.) im Handumdrehen heraus, daß der Schulhof, auf dem die Schüler in den Pausen so manchen Brocken fortwerfen, eine gar nahrungsreiche und zugleich wohl gefriedete Stätte sei und benahmen sich dort mit einer Vertrautheit, die von ihrer gewöhnlichen Vorsicht gar auffällig abstach.

Hier wäre vielleicht der Ort, darauf hinzuweisen, daß auch das *Verhalten der einzelnen Art nach Zeit und Örtlichkeit* ganz verschieden sein kann. Die Krähenheere, die in den Zypressenhainen am Bosphorus und Goldenen Horne nährten, benahmen sich kaum in zwei aufeinanderfolgenden Wintern genau ebenso; in den norddeutschen Städten sind diese winterlichen Gäste seit zwanzig, fünfundzwanzig Jahren zumeist verschwunden, weil sie sich an Telephonröhre und Lichtreklamen nicht gewöhnen konnten, und mancher Schlafbaum der Spatzen inmitten der Großstadt wird ein Menschenalter lang benutzt, um dann plötzlich wieder leer zu bleiben. Viele Angaben über das Verhalten der gewöhnlichsten Vogelarten (z. B. des Grünfinken [*Chloris chloris* L.] und des Goldammers [*Emberiza citrinella* L.]) gegenüber den menschlichen Wohnstätten, die vor fünfzig Jahren von den trefflichsten Beobachtern niedergeschrieben worden sind, stimmen schon längst nicht mehr, und was für

das Benehmen des Kolkraben im Bereich der bulgarischen Kleinstadt gilt, möchte von einem friesischen Naturfreunde auf Grund seiner Erfahrungen alsbarer Unsinn belacht werden. Die Erkenntnis solcher Unterschiede drängt sich namentlich dem auf, den das Leben weit auf der Erde herumwarf, so daß er dieselben Vogelarten in weit voneinander entlegenen Erdräumen beobachten durfte. Auch nach der Richtung hin muß sich einem solchen Manne die Überzeugung von der unendlichen, schier erdrückenden Stofffülle seiner Wissenschaft in einer Weise aufdrängen, von der mancher Zoologe nichts ahnt, der wissenschaftlich von der „Bearbeitung“ der Brosamen lebt, die von dem Tische seines Lehrers fallen.

Es würde uns hier zu weit führen, wollten wir Art für Art zu Schnurres Ansichten Stellung nehmen. Nur bezüglich einiger in der Hinsicht besonders auffälliger Vogelarten möchten wir noch einige Zusätze machen; nicht etwa deshalb, um diese Dinge kurzer Hand „richtigzustellen“, sondern deshalb, weil sie schon lange Gegenstand unserer besonderen Teilnahme waren.

Wie wir schon eingangs hervorhoben, vollzog sich bei der Amsel der Übergang vom Wald- zum Parkvogel in dem Danziger Gau gerade in den letzten fünf und zwanzig Jahren. Ich verlebte nun zwar nicht diese ganze Zeit in der Heimat, kehrte aber doch oft genug an den Hang der pommerellischen Höhe zurück, um den Wandel der Dinge dort aufmerksam verfolgen zu können. Dabei möchte ich nun besonders hervorheben, daß dem Einzug der Amsel in den Gartenring der Großsiedelung Danzig eine wesentliche Veränderung der benachbarten Wälder voranging. Deren Eigenart kennzeichneten wir wohl am knappsten und klarsten, wenn wir von einer Pinifizierung der pommerellischen Bergwälder sprachen. Während im Jahre 1880 umfangreiche Fichtenbestände nur an dem Kohlenwege des Olivaer Waldes zu finden waren, begleiteten sie 25 Jahre später fast alle Wege, die von Oliva aus in die Waldtäler hineinstreben. Dadurch kam, so wenig die Amsel auf großen Flächen reinen Fichtenwald liebt, doch eine Waldform zustande, die ihr besonders zusagen mochte, und wir dürfen wohl annehmen, daß sich vor der Übersiedelung der Amsel in die Gärten und Parkanlagen von Oliva und Jäschkental-Langfuhr ihr Bestand im Olivaer Walde bedeutend gehoben hatte.

Gerade in diesem Zusammenhang möchte ich auch noch auf eine biologische Erscheinung hinweisen, die viel zu wenig gewürdigt wird, auf die Tatsache nämlich, daß alljährlich eine große Anzahl von Vögeln gar nicht zur Brut gelangt. Demzufolge dürfen wir auch nicht schließen: Ich hörte dort und dort zur Brutzeit wiederholt einen singenden Pirl, folglich steht es ganz außer Frage, daß diese Art an jener Stätte nistet. Es kann sich dabei ebensogut um ein gar nicht eingepaartes Männchen handeln. So sind möglicherweise auch die ersten Quartiermacher der

Amseln, die sich in den Gärten herumtreiben, ungepaarte Männchen. Gerade diese pflegen ja den Winter über in der Heimat zurückzubleiben und die Futterstätten bei menschlichen Siedelungen am fleißigsten zu benutzen. In späteren Wintern mögen sich ihnen immer mehr und mehr Waldamseln beigesellen, so daß sie das Ihre dazu tun, die Artgenossen zu den neuen Wohnstätten hinzuführen.

Vor allem scheinen uns bei dieser Frage zwei Dinge von ausschlaggebender Bedeutung zu sein, einmal die Größe der Fläche, die von Gartenland bedeckt wird, und zweitens — vielleicht nannten wir auch diesen Punkt besser an erster Stelle — die Art und Weise, wie sich das Gartenland an größere Waldgebiete anlehnt. Wird beispielsweise eine überaus gartenreiche Stadt auf allen Seiten durch weite Strecken Kulturland vom Walde getrennt, so ist die Aussicht, daß ihre Gärten von Amseln besiedelt werden, sehr viel geringer als wenn ihre Gärten bis zum Rande des Hochwaldes reichten. Ist das der Fall, so wird die Wahrscheinlichkeit, daß Waldamseln in den Gärten nisten, um so größer, je ausgedehnter das Areal ist, das aus Gartenland besteht. Darum sind auch die meisten Alpenstädte, wo die Obstbäume der Gärten schon zu den himmelhohen Fichten des freien Gebirgswaldes aufschauen (vgl. etwa Graz und Klagenfurt), in dieser Hinsicht so bevorzugt, deshalb sind auch Orte wie Kolberg und Großdanzig weit besser daran als etwa Königsberg in Preußen.

Daraus erklärt es sich wohl auch, daß die so gartenreichen Dörfer der Danziger Niederung noch keine Gartenamseln aufweisen. Es fehlt ihnen eben der enge Anschluß an den freien Wald, der die Übersiedelung der Amseln so sehr erleichtert. Als ich neulich in dem gartenreichen Sperlingsdorf weilte, wo die wölbigen Kronen der alten Laubbäume über dem dunkeln Wasser der trägen Mottlau zusammenschlagen, erzählte mir ein befreundeter Landwirt, er wolle bei sich Gartenamseln aussetzen, weil ihm diese „zahmen“ Singvögel sehr viel lieber seien als die wilden. Ich konnte ihm von diesem Plan nur abraten, indem ich ihm auseinandersetzte, die Vögel würden keinerlei örtliche Gebundenheit zeigen, sondern vermutlich nach dem benachbarten Danzig abrücken, wo sie Anschluß an Artgenossen fänden. Viel interessanter wäre es, wenn sich etwa die alte Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft der waldfernen Stadt Königsberg in Preußen der Mühe unterziehen wollte, drei, vier Paare Gartenamseln in dem Parkrevier der Hufen und des Schloßteichs auszusetzen. Ob das wohl zu einer dauernden Einbürgerung der Gartenamsel in Königsberg führen möchte? — Diese Frage kurzerhand zu beantworten, fehlt uns selber der Mut.

Im Laufe der letzten Jahre haben nicht nur die eigentlichen Gärten der Danziger Gegend einen starken Amselbestand erhalten, sondern es zeigt sich auch eine Rückwirkung auf die benach-

barten bzw. umschlossenen Waldparzellen. So bekam beispielsweise der Jäschkentaler Wald — ihn einfach als „Park“ zu bezeichnen, geht in diesem Zusammenhang nicht an, damit werden wir seiner Eigenart nicht gerecht — einen auffällig großen Amselbestand, so daß seine Buchenhallen in diesem Frühling stellenweise geradezu einer großen Amselvoliere glichen. Dadurch wurden aber die anderen Vogelarten — Buchfinken (*Fringilla coelebs* L.), Meisen (*Paridae*), Laubsänger (*Phylloscopidae*), Schwarzplättchen (*Sylvia atricapilla* L.) und Rotkehlchen (*Erithacus rubicula* L.) nicht im mindesten beeinträchtigt, so daß sich der Vogelreichtum dieses Gehölzes von der Stille der Olivaer Forsten sehr auffällig abhob.

Dort haben die Jahre, da der Forstdiebstahl Trumpf war und soziale Großtat hieß, aus dem wohlgepflegten Kulturwalde auf weiten Flächen eine wirre, wilde Holzjung gemacht. Aber nur sehr wenig Vogelarten, wie vor allem dem Baumpieper (*Anthus trivialis* L.) ist dieser Wandel zugute gekommen, sonst sind die Vögel von dannen gezogen, und dort, wo sonst Grasmücken, Laubsänger und Drosseln miteinander im Frühlingsliede wetteiferten, hört man nur noch dann und wann den markigen Schlag des Buchfinken.

Von älteren Schriftstellern, welche die Amsel als Gartenvogel nennen, führt *Schnurre* den Schweizer *Gesner* und den Schweden *Karl von Linné* an. Jener ist sicher ein einwandfreier Gewährsmann und beweist zu seinem Teil, daß gerade in den Alpenländern wegen des engen Nebeneinander von Wald und Garten die Waldamsel schon sehr, sehr früh in die städtischen Gärten (*Gesner* kannte durch den Augenschein namentlich Lausanne und Zürich) übersiedelt sind. Die Angaben *Karl von Linnés* machen mich dagegen in der stillschweigenden Annahme, die Amsel sei in Schweden auch zu seiner Zeit nur Waldvogel gewesen, durchaus nicht irre. Drei Möglichkeiten scheinen mir hier vorzuliegen. Einmal kann der schwedische Forscher die winzigen Gärten der schwedischen Bauern als belanglose Enklaven im freien Walde angesehen haben, zweitens kann die Amsel ausnahmsweise gerade in dem parkähnlichen botanischen Garten Upsalas vorgekommen sein, und drittens kann sich *Linné* auf Angaben süddeutscher Autoren gestützt haben. Der dritte Fall erscheint mir am wahrscheinlichsten; ist's doch durchaus nicht unmöglich, daß er dabei gerade an *Gesner* dachte.

Außer der Gartenamsel möchte ich auch dem *Girlitz* (nennen wir ihn einmal getrost mit *Schnurre*: *Serinus canarius germanicus*, Laubmann) noch einige Worte widmen. Trotz aller Bemühungen, diesen Vogel als Altbürger Norddeutschlands hinzustellen, steht nunmehr doch wohl fest, daß er erst im letzten Menschenalter in unseren Nordosten eingerückt ist. Auch hier verliert diese Tatsache das Gepräge des Zufälligen, wenn wir gebührend betonen, wie groß die

Veränderungen sind, welche namentlich die Umgegend der größeren Siedelungen in den letzten Jahrzehnten durchgemacht hat. In diesen garten- und baumreichen Revieren ist tatsächlich eine neue Welt entstanden, die es vor dreißig, vierzig Jahren noch gar nicht gab, und so ist es denn nicht verwunderlich, daß in den neuen Wohnraum auch neue Bewohner eingezogen sind. Dabei dürfte *Schnurre* Recht haben, wenn er das glückliche, sonnige Mainfrankenland als alten Wohnraum dieser Vogelart in Anspruch nimmt. Hier spielt wohl nicht nur die Tatsache eine Rolle, daß sich jener Gau einer guten Verbindung mit dem Rhonetal und den Mittelmeerlandern erfreut, sondern mindestens ebensosehr der Umstand, daß es sich hier um ein klimatisch besonders bevorzugtes Gebiet handelt, dessen laue Luft und lange Sommerdauer so mancher anspruchsvollen Vogelart zustatten kamen. Im deutschen Nordosten spielt, beiläufig gesagt, der Danziger Gau eine ganz ähnliche Rolle, und wir dürfen recht gespannt sein, ob sich nicht diese Tatsache auch in der Zusammensetzung der Vogelwelt zeigen wird, zumal die Begünstigung durch Ausdehnung der artenreichen Siedelungen von Jahrzehnt zu Jahrzehnt größer wird.

Mag der *Girlitz* auch schon lange, lange in unserem Vaterlande heimisch sein, eine Eigenschaft der Vögel des Mittelmeergebiets hat er doch beibehalten, die Gewohnheit nämlich, sich mit Vorliebe auf menschlichen Wohnstätten niederzulassen. Diese Gewohnheit ist gerade den Vögeln jenes Gebiets zu eigen, weil sich dort auf weiten Gebieten der Baumwuchs der Gärten auf engste an menschliche Baulichkeiten anschließt. Ein *Stieglitz*, ein *Zeisig* (*Carduelis carduelis* L., *Chrysomitris spinus* L.) sind auf Blitzableitern und Fensterbrettern, Dachrinnen und Erkern lange nicht so häufig zu sehen als gerade der *Girlitz*, und immer wieder, wenn ich den hoch oben auf dem Dache meines Wohnhauses erblicke, muß ich jener Lenze gedenken, da die *Girlitze* zu Hunderten auf den Dächern unserer deutschen Schulanstalten in Konstantinopel/Pera niederfielen und jede Rinne mit einem gelbgrünen, singenden, klirrenden Frieze schmückten.

Bezüglich des *Haussperlings* (*Passer domesticus* L.) möchten wir doch die Ansicht verfechten, daß diese Vogelart in Mitteleuropa erst mit dem Ackerbau erschienen sei und als jüngerer Landsmann bezeichnet werden müsse denn der *Feldsperling* (*Passer montanus* L.). Dafür dürfte auch schon die Tatsache sprechen, daß die herbstlichen Strichvögel, *Rothänflinge* (*Acanthis canalina* L.) u. a. m., ganz gern mit dem *Feldsperling* zusammenhalten, von dem *Haussperling* dagegen augenscheinlich nichts wissen wollen. Wäre der *Haussperling* wirklich schon ein Bewohner der deutschen Steppengebiete gewesen, ehe die menschliche Kultur ihn ohne jegliche Absicht in ihren Bann zwang, so hätte doch nichts näher gelegen als daß er sich zur Strichzeit mit jenen

Verwandten, die eine ähnliche Lebensweise führten, zusammenscharte. So mögen denn auch für manche Gegenden nördlich der Alpen jene Zeiten noch gar nicht so weit zurückliegen, da der Spatz rings um die Getreidestapel der Ackerbauern herum die Bäume mit seinen kopfgroßen Strohnestern besetzt hielt, so daß allerorten Bilder zustandekamen, wie sie mir am Nordufer des Golfes von Ismid am Hange des Höhenzuges wiederholt begegnet sind. Allerdings gebe ich zu, daß ich diese Frage wohl mehr mit dem Gefühl als mit dem Verstande entscheide; ich kann mir aber nicht helfen, deutsche Linden als Wohnstätten der noch Siedelsperlinge gebliebenen Hausspatzen wollen mir nicht recht in den Sinn. Außerdem lege ich auch einigen Wert auf die Tatsache, daß alle auf Bäumen erbauten Haussperlingsnester, die ich selber gesehen habe, fast ausschließlich aus Stroh gebaut waren, so daß eine auch nur halbwegs zweckmäßige Verwendung deutscher Pflanzen zum Nestbau kaum festzustellen war.

Besonderen Dank weiß ich dem Verfasser dafür, daß er mir in *Rüetimeyer* einen Gewährsmann für die Tatsache ausfindig machte, daß der *Schwarze Milan* (*Milvus migrans* Bodd) mit den menschlichen Bewohnern der Pfahlbauten gute Nachbarschaft hielt. Meine Überzeugung, daß dieser Räuber in jenen weit zurückliegenden Tagen einer der getreuesten Parasiten des Menschen gewesen sei, ist dadurch noch bestärkt worden. Interessant ist es, daß neuerdings *Tischler* (Die Vögel der Provinz Ostpreußen) hervorhebt, der Schwarze Milan werde im ostpreussischen Seenrevier von Jahr zu Jahr häufiger. Vielleicht besteht dabei auch heute ein Zusammenhang zwischen seinem Vorkommen und der wirtschaftlichen Nutzung jener Wasserflächen, bei der mancher Brocken für diesen emsigen Sammler eßbarer Schwemmstoffe abfallen mag.

Zum Schlusse möchte ich dann noch hervorheben, daß gerade die Beschäftigung mit diesen Dingen dem Vogelkundigen die Frage nahelegt, ob es sich nicht empfehle, den Kampf mit manchem widersinnigen Trivialnamen aufzunehmen. So trefflich es das Volk verstand, die Tiere nach hervorstechenden Eigenschaften zu kennzeichnen, so schwer es wäre, Artnamen wie Wendehals, Wippstert, Kleiber, Pfannenstielchen durch bezeichnendere zu übertrumpfen, so unbrauchbar und irreführend sind doch viele Namen, die auf rein örtliche Zusammenhänge hinweisen. Wir denken dabei an Arten wie den Gartenammer (*Emberiza hortulana* L.), die Gartengrasmücke (*Sylvia borin* Bodd), den Weidenlaubvogel (*Phylloscopus collybita* Vieill.), die Alpenlerche (*Otocorys alpestris* L.) und den Bergfink (*Fringilla montifringilla* L.). Würden diese Namen allmählich durch zutreffendere ersetzt, so verschwinden auch die falschen biologischen Vorstellungen, die sich dem Laien bei ihrem Klang unwillkürlich aufdrängen müssen.

Alles in allem kann man den Frankfurter

Vogelkundigen zu seinem wohldurchdachten Buche nur beglückwünschen. Gibt er nach Jahr und Tag eine zweite Auflage heraus, so dürfte sie sicherlich noch inhaltsreicher werden. Ihren Hauptzweck vermag aber schon diese erste Auflage durchaus zu erfüllen, die Aufgabe, auf die unendliche Fülle von Problemen hinzuweisen, die mit diesem Begriffskreis untrennbar verbunden sind. *Schnurre* hat sie, soweit das zurzeit möglich ist, in verständiger und nüchterner Weise zu behandeln gewußt und so die Leser auf Wege geführt, auf denen ein sachlicher Forscher gern folgen mag. Hoffentlich werden dadurch recht viele Fachgenossen für die Arbeit auf diesem Gebiet gewonnen, denn wenn die Ornithologie ihrer höchsten Aufgabe gerecht werden will, darf die ornithologische Arbeit *nicht allein* von Systematikern in den Sälen der Museen geleistet werden. so töricht es auch wäre, über deren Tätigkeit nach Art von geistigen Näschern und Feinschmeckern, denen alle gründliche Alltagsarbeit verhaßt ist, mit einem hochklingenden und doch hohlen Urteilsspruch den Stab zu brechen.

Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde.

Von R. Grammel, Stuttgart.

(Schluß.)

III. Versuche auf Grund des Schwungsatzes.

A. Nachweis der Azimutaldrehung.

12. *Das materielle Pendel.* In einem Briefe an A. v. Humboldt hat im Jahre 1853 C. F. Gauß²³⁾ darauf hingewiesen, daß der Foucaultsche Pendelversuch auch mit einem materiellen Pendel von verhältnismäßig kleinen Ausdehnungen durchführbar sein müßte. Gauß dachte sich das Pendel cardanisch so aufgehängt, daß es nach allen Seiten schwingen kann. Seine Trägheitsmomente um alle wagerechten Achsen durch den Stützpunkt (Mittelpunkt des Cardangehänges) sollen den gleichen Wert B besitzen, dasjenige um die Lotachse den Wert A . Bei der Beurteilung des Foucaultschen Pendels war es ohne weiteres erlaubt, die Größe A gegen B vollständig zu vernachlässigen, bei einem materiellen Pendel, wie es Gauß in Betracht zog, ist dies nicht mehr statthaft. Zuzufolge der Azimutaldrehung ω_1 wird dem Pendel ein kleiner Zusatzschwung $A\omega_1$ mitgegeben, dessen Vektor in der Verlängerung der Pendelachse aufwärts zeigt. Man kann die Wirkung eines solchen Zusatzschwunges sehr deutlich an einem Kreiselpendel (Fig. 12) beobachten, d. h. an einem materiellen Pendel, dessen Pendelkugel durch einen Schwingring ersetzt ist, dem eine Eigendrehung um die Pendelachse erteilt werden kann. Man beobachtet, daß die Schwingungsebene eines solchen

²³⁾ Briefe zwischen A. v. Humboldt und C. F. Gauß, Leipzig 1877, S. 66.

Kreiselpendels sofort anfängt, sich lebhaft um die Lotlinie zu drehen, sobald der Schwungring eine merkliche Eigendrehung besitzt. Dieser Eigendrehung entspricht genau der genannte Zusatzschwung. Die nicht ganz elementare Theorie auf Grund des Schwungsatzes zeigt, daß — was übrigens unmittelbar einleuchtet — die Winkelgeschwindigkeit, mit der sich die Schwingungsebene dreht, proportional mit dem Zusatzschwung $A\omega_1$ und umgekehrt proportional mit B wird und genau den Wert $A\omega_1/2B$ besitzt, so daß die scheinbare Drehung, wie sie durch die Formel (8) gegeben war, noch mit einer theoretischen Verbesserung zu versehen ist, die durch den in Wirklichkeit sehr kleinen Bruchteil $A/2B$ gemessen wird.

Die Versuche mit einem Gaußschen Pendel von 1,2 m Länge hat in mustergültiger Weise, unter genauester Abschätzung aller unvermeidlichen Fehler, im Jahre 1879 *H. Kamerlingh-Onnes*²⁴⁾

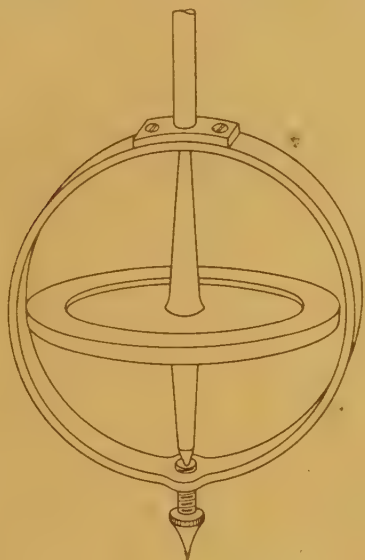


Fig. 12. Kreiselpendel.

im luftleeren Raum durchgeführt, wobei sich ihm Gelegenheit bot, nicht nur die Foucaultschen Schwingungen, sondern auch die Bravais'schen sowie die ganze Reihe der dazwischen liegenden sphärischen Pendelbewegungen sehr genau zu untersuchen, nicht nur hinsichtlich ihrer scheinbaren Drehung gegen die Erde, sondern auch in bezug auf ihre kinematische Gestalt im einzelnen. Insbesondere wurden auch noch die Lissajousschen Schwingungen beobachtet, die das Pendel ausführt, sobald die Trägheitsmomente B um die wagerechten Achsen unter sich verschieden gewählt werden. Der Mittelwert von ω_1 , den *Kamerlingh-Onnes* fand, deckt sich mit dem

²⁴⁾ *H. Kamerlingh-Onnes*, Nieuwe bewijzen usw. Diss. Groningen 1879, sowie Over de betrekkelijke beweging, Nieuw Arch. voor Wiskunde 5 (1879), S. 58 und 135, 6 (1880), S. 173; vgl. auch *J. G. Hagen*, a. a. O., 1. Anhang von *J. Stein* (Les preuves de M. Kamerlingh Onnes).

astronomischen Wert von ω_1 bis auf die dritte Stelle.

13. *Das Kreiselpendel.* Das vorhin nur zur Veranschaulichung erwähnte Kreiselpendel möchte, wie wir zeigen wollen, hervorragend geeignet zum Nachweise der Azimutaldrehung sein. An Stelle jenes kleinen Zusatzschwunges $A\omega_1$ soll ihm jetzt durch raschen Antrieb des Schwungrings um die Pendelachse ein ungeheuer großer Eigenschwung mitgegeben werden, groß genug, um alle anderen, in der Pendelbewegung steckenden Schwingungskomponenten vollkommen zu über-tönen. Ein solcher Schwungring heißt ein *schneller Kreis*; seine Eigendrehachse (in unserem Fall die im Ruhezustand frei herabhängende Pendelachse) kann ohne merklichen Fehler als Träger des Schwungvektors \mathcal{S} angesehen werden, und dessen Betrag berechnet sich (vgl. Einl.) aus dem axialen Trägheitsmoment A und der Winkelgeschwindigkeit v der Eigendrehung sehr genau zu

$$S = A v. \quad (33)$$

(Wir verwechseln also grundsätzlich den Eigenschwung mit dem Gesamtschwung.) Nun läßt sich rasch zeigen, daß innerhalb der Genauigkeit, mit der wir rechnen, die Pendelachse, wenn sie, aus der Ruhelage ausgelenkt, sich selbst überlassen wird, einen Kreiskegel um die Lotlinie mit

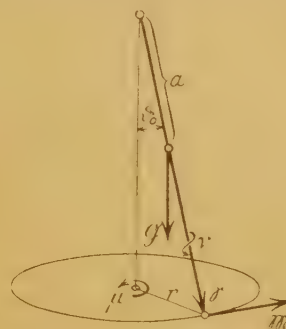


Fig. 13. Präzession des schnellen Kreises.

der Winkelgeschwindigkeit

$$u = \frac{a G}{S} \quad (34)$$

beschreibt, unter G das Pendelgewicht, unter a den Abstand zwischen dem Aufhängepunkt und dem auf der Pendelachse liegenden Schwerpunkt verstanden.

In der Tat, ist θ_0 der Auslenkungswinkel der Pendelachse aus der Lotlinie (Fig. 13), so erzeugt das Pendelgewicht in bezug auf den Aufhängepunkt ein Moment $a G \sin \theta_0$, dessen Vektor \mathcal{M} wagerecht ist und auf der lotrechten Ebene durch die augenblickliche Lage des Schwungvektors \mathcal{S} — der ja in der Pendelachse liegt — senkrecht steht. Nach dem Schwungsatz (s. Einl.) bewegt sich also der Endpunkt von \mathcal{S} immer wagerecht weiter, und zwar senkrecht zu der soeben genannten Ebene, die sich ihrerseits mit \mathcal{S} weiter dreht, und zudem mit konstanter Geschwindigkeit \mathcal{M} .

Der Endpunkt von \mathcal{S} beschreibt also notwendig einen Kreis. Dessen Halbmesser wird $r = S \sin \theta_0$, und mithin hängen die Umfangsgeschwindigkeit \mathcal{M} und die Winkelgeschwindigkeit μ zusammen durch die Beziehung $|\mathcal{M}| = r\mu$, welche mit (34) identisch ist. Wenn die Eigendrehung ν von oben gesehen im Uhrzeigersinne erfolgt, so läuft die sog. Präzessionsdrehung μ im Gegenzeigersinne und umgekehrt.

Man kann mit modernen Hilfsmitteln, indem man den Kreisel als Drehstrommotor antreibt, eine Eigendrehung $\nu = 1000 \pi \text{ sek}^{-1}$ (entsprechend 500 Umläufen in der Sekunde) bei einem Gewicht von 5 kg erzeugen²⁵⁾. Bei sorgfältiger Lagerung darf man mit a bis zu etwa 2,5 mm hinabsteigen, und so läßt sich μ auf etwa $0,0053 \text{ sek}^{-1}$ verkleinern, entsprechend einem Präzessionsumlauf von 20 Minuten Dauer. Läuft der Kreisel das eine Mal im einen Sinn, das andere Mal mit genau gleicher Tourenzahl im andern Sinn, so müssen sich die beiden Präzessionsdauern beobachten vom irdischen System aus, in unseren Breiten um etwa 25 Sekunden unterscheiden. Der bis jetzt nicht ausgeführte Versuch verspricht, die Bravais'schen Ergebnisse wesentlich zu verbessern.

B. Nachweis der Gesamtdrehung.

14. Das Gyroskop. Der Gedanke, den Kreisel zum Nachweise der Erddrehung zu verwenden — freilich auf ganz andere Weise, als soeben besprochen —, rührt von Person²⁶⁾ her und ist von Foucault²⁷⁾ ein starkes Jahr nach seinem berühmten Pendelversuch verwirklicht worden. Stünde ein Körper zur Verfügung, der vollkommen reibungsfrei und astatisch allseitig drehbar in einem Cardangehängesäße (also so, daß sein Schwerpunkt geometrisch genau mit dem Gehängemittelpunkt zusammenfiel), so würde dieser, ursprünglich gegen die Erde in Ruhe gebracht, in einem Inertialsystem eine ziemlich verwickelte, von L. Poinsot genau geschilderte Bewegung vollziehen, die jedoch allenthalben nur von der Größenordnung ω bliebe. Besitzt der Körper eine Symmetrieachse, die dann zugleich eine Hauptträgheitsachse ist, und in bezug auf welche er das Trägheitsmoment A haben mag, so erteile man ihm um diese Achse — man pflegt sie seine *Figurenachse* zu nennen — eine Eigendrehung ν , die sehr groß gegen ω ist. So ist ein schneller Kreisel geschaffen, dessen Eigenschwingung Δ den ursprünglichen, von der Erddrehung ω herstammenden Schwung derart übertönt, daß von nun an der Schwungvektor \mathcal{S} und die Figurenachse als zusammenfallend angesehen werden dürfen. Weil voraussetzungsgemäß ein Moment \mathcal{M} auf den Kreisel weder durch die Reibung noch durch die Schwere übertragen werden kann, so behält der

Vektor \mathcal{S} und mit ihm auch die Figurenachse im Inertialsystem ihre Richtung dauernd bei. Wenn sie also nicht zufällig parallel zur Erdachse steht, so muß sich die Drehung ω der Erde in einer scheinbaren Drehung $-\omega$ der Figurenachse gegen die Erde bekunden.

Foucault hat diesen Nachweis mit Hilfe eines Kreisels versucht, den er *Gyroskop* nannte (von *γῦρος* = Kreis); und dessen Cardangehänge an einem möglichst torsionsfreien Faden hing (Fig. 14). Ein befriedigendes Ergebnis wollte sich freilich nicht zeigen. Denn weder gelang es, die Reibung völlig auszuschalten, noch war es möglich,

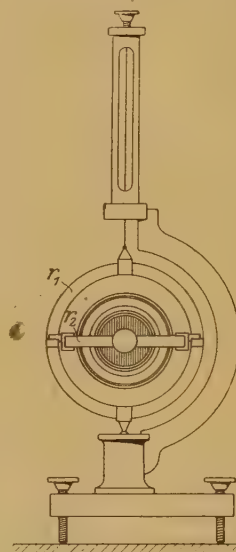


Fig. 14. Foucault'sches Gyroskop.

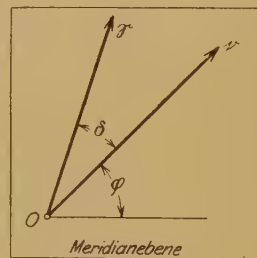


Fig. 15.

den Schwerpunkt so genau in den Gehängemittelpunkt zu bringen, daß nicht eine mit jeder Schwerpunktsezentrität a (in ähnlicher Weise wie beim Kreiselpendel) notwendig verbundene Präzessionsdrehung sich störend bemerkbar machte.

15. Das Kreiselinklinatorium. Nachdem Foucault die Ursachen für das Versagen seines Gyroskops erkannt hatte, schlug er einen neuen Weg ein. Anstatt die Erddrehung unmittelbar kinematisch zu zeigen, suchte er sie noch im gleichen Jahre wenigstens mittelbar dynamisch durch ihre Einwirkung auf einen Kreisel zu fassen, dessen Figurenachse an ihr teilzunehmen gezwungen war. Wenn Foucault den äußeren Cardanring r_1 seines Gyroskopes am Gestell fest-

²⁵⁾ Vgl. R. Grammel, Der Kreisel, Braunschweig 1920, S. 257, 271 u. 282.

²⁶⁾ C.-C. Person, Comptes rendus 35 (1852), S. 417 u. 549.

²⁷⁾ L. Foucault, a. a. O., S. 401—420 und S. 576.

klemmte, dem inneren Ring r_2 aber seine Drehfreiheit um seine von Osten nach Westen gestellte Achse beließ, so konnte sich die Figurenachse (\odot in Fig. 15) in der Meridianebene beliebig hin und her drehen. Die Meridianebene ihrerseits muß die Erddrehung ω mitmachen; ihre Drehung kann man durch den Vektor \mathfrak{o} darstellen, der vom Cardanmittelpunkt O nach dem Himmelspol zeigt und die Länge ω besitzt. Gesetzt, der Schwungvektor (die Figurenachse) \odot bilde mit \mathfrak{o} den Winkel δ , so wird durch die Drehung der Meridianebene dem Endpunkte von \odot eine Geschwindigkeit \mathfrak{v} um die Achse \mathfrak{o} erteilt, deren Vektor die Länge $S \sin \delta \cdot \omega$ besitzt und auf der Meridianebene so senkrecht steht, daß sein Pfeil mit dem Drehsinn, der \mathfrak{o} auf kürzestem Wege in die Richtung \odot bringen würde, eine Rechtsschraube bildet (in unserem Falle auf den Beschauer zu). Nach dem Schwungssatz kann mithin die Drehung \mathfrak{o} , welcher die Figurenachse zwangsweise unterworfen ist, nur durch ein Moment $\mathfrak{M} = \mathfrak{v}$ unterhalten werden. Der Betrag dieses Momentes ist wegen $S = Av$

$$M = A v \omega \sin \delta; \dots \dots \dots (35)$$

sein Drehsinn sucht den Winkel δ zu vergrößern. Dieses Moment ist von außen her — etwa durch eine Festklemmvorrichtung — dem Kreisel aufzuzwingen, wenn seine Figurenachse zusammen mit der Meridianebene im Sinne \mathfrak{o} umläuft, ohne daß sich der Winkel δ ändern soll. Nach dem Wechselwirkungsgesetz äußert der Kreisel ein genau gleiches Gegenmoment, das sogenannte *Kreiselmoment* $\mathfrak{R} = -\mathfrak{M}$. Es wird gut sein zu bemerken, daß die Momente \mathfrak{M} und \mathfrak{R} sich so zueinander verhalten, wie die Zentripetalkraft \mathfrak{Z} und die Zentrifugalkraft \mathfrak{F} bei einem an einem Faden im Kreise geschwungenen Stein. Läßt man mit der Fadenspannung \mathfrak{Z} ein wenig nach, so entfernt sich der Stein nach außen gerade so, wie wenn er gar nicht im Kreise geschwungen, sondern nur durch eine wirkliche Kraft \mathfrak{F} auswärts gezogen würde. In gleicher Weise wird auch die Figurenachse, wenn man das Moment \mathfrak{M} schwinden läßt, sich so gegen den Vektor \mathfrak{o} hinwenden, als ob sie durch ein wirkliches Moment \mathfrak{R} dorthingedreht würde, und erst im Vektor \mathfrak{o} (nach dem Abklingen etwaiger Schwingungen) zur Ruhe kommen, da mit $\delta = 0$ auch \mathfrak{M} und somit \mathfrak{R} verschwindet. Dieses Bestreben eines Kreisels, der ohne ausgleichendes Moment \mathfrak{M} einer Zwangsdrehung \mathfrak{o} unterworfen wird und dann kraft seiner Trägheit seinen Schwung \odot in *gleichstimmigen Parallelismus* mit der Zwangsdrehung \mathfrak{o} zu bringen sucht, hat zuerst *Foucault* erkannt.

Foucault verglich sein Instrument mit einem magnetischen *Inklinatorium*, weil die Figurenachse die geographische „Inklination“ φ hätte anzeigen müssen, wenn nicht eben wieder die Reibung sowohl wie auch die unvermeidlichen Mängel der Astasierung störende Momente her-

vorgerufen hätten, die gegen das kleine Kreiselmoment (35) keineswegs zu vernachlässigen waren. Die Anzeige blieb daher recht ungenau.

16. *Das Barygyroskop*. Erst *Ph. Gilbert*²⁸⁾ gelang es im Jahre 1882 durch einen einfachen Kunstgriff, die Hauptschwierigkeit, nämlich die Mängel der Astasierung zu überwinden (Fig. 16). Er belastete die Figurenachse mit einem Übergewichtchen (g), dessen Moment aG groß gegen die mögliche Ungenauigkeit der Schwerpunktslage ist, ohne deswegen doch das Kreiselmoment (35) ganz wirkungslos werden zu lassen. Versieht man den Schwungring mit einem aufwärts gerichteten Schwung \odot , so stellt sich die Figurenachse (Fig. 17) schließlich in eine Gleichgewichtslage δ so ein, daß das Moment der Schwere $aG \cos(\delta + \varphi)$ gleich dem Kreiselmoment (35) wird

$$aG \cos(\delta + \varphi) = A v \omega \sin \delta.$$

Hieraus berechnet sich leicht der Winkel $\delta = 90^\circ - (\delta + \varphi)$, um den sich das obere Ende

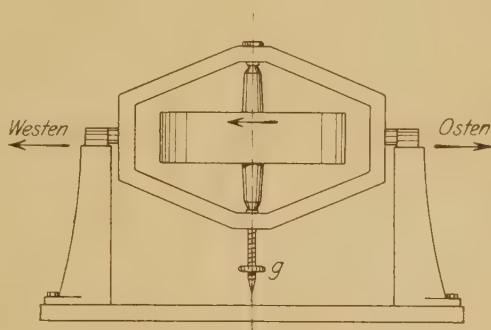


Fig. 16. Gilbertsches Barygyroskop.

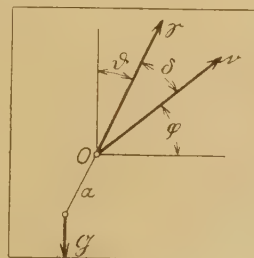


Fig. 17.

der ursprünglich lotrechten Figurenachse gegen Norden neigt, wenn der Kreisel angetrieben wird; man findet

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{A v \omega \cos \varphi}{A v \omega \sin \varphi + a G} \dots \dots \dots (36)$$

und ebenso für den Winkel δ' , um den sich das untere Ende gegen Norden hebt, wenn der Kreisel umgekehrt angetrieben worden ist (wie es unsere Figur zeigt):

$$\operatorname{tg} \delta' = \frac{A v \omega \cos \varphi}{A v \omega \sin \varphi - a G} \dots \dots \dots (37)$$

Der Ausschlag δ' ist, wie man sieht, unter gleichen Verhältnissen wesentlich größer als der

²⁸⁾ *Ph. Gilbert*, Journ. de Phys. Paris 2 (1883), S. 106.

Ausschlag ϑ , das Instrument im zweiten Falle empfindlicher als im ersten. Es hat den Namen *Barygyroskop* erhalten

17. *Wägung des Kreiselmoments.* Hier liegt übrigens der Hinweis nahe, daß das Kreiselmoment (35) ganz leicht auch mit der Wage gemessen werden kann. Wenn die Figurenachse, genauer gesagt der Vektor \mathcal{S} wagerecht von Süden nach Norden weist, so hat das Kreiselmoment den Betrag $S \sin \varphi$ und sucht das Nordende der Figurenachse zu heben, das Südende zu senken. Verwendet man einen Kreisel der in Nr. 13. erwähnten Bauart, legt die beiden Lager der wagerechten Figurenachse auf zwei an den Wagschalen haftende Schneiden und tariert die Lagerdrücke des noch nicht laufenden Kreisels aus, so müssen, sobald der Kreisel seine volle Tourenzahl hat, die Lagerdrücke auf beiden Wagschalen Unterschiede der genannten Art zeigen, die sich bei 10 cm Schneidenabstand zu etwa 5 g berechnen und schon mit einer Wage von der Empfindlichkeit 1 : 10 000 gut sichtbar gemacht werden können.

C. Nachweis der Vertikaldrehung.

18. *Das Kreiseldeklinatorium.* Wenn Foucault den äußeren Ring r_1 des Cardangehänges seines Gyroskops wieder freigab, dagegen den inneren r_2 gegen den äußeren festklemmte, so konnte sich die Figurenachse nur noch in der Horizontalebene bewegen, ähnlich wie die Nadel eines Magnetkompasses. Sie war jetzt zwar an die Azimutaldrehung ω_1 nicht mehr gebunden, aber gezwungen, zusammen mit der Horizontalebene deren Vertikaldrehung ω_2 mitzumachen. Man kann diese Drehung durch einen nordwärts weisenden Vektor ω_2 darstellen und die Regel vom Bestreben zum gleichstimmigen Parallelismus (s. S. 663) ergibt ohne weiteres, daß das positive Ende des Schwungvektors und mit ihm die Figurenachse sich nach Norden einzustellen suchen, und zwar geographisch genauer als die Nadel eines magnetischen Deklinatoriums. Foucault ist sich vollkommen bewußt gewesen, daß er hiermit das Prinzip des Kreiselkompasses entdeckt hatte, wenngleich auch dieser Versuch stark durch die Torsionssteifigkeit des Aufhängefadens beeinträchtigt wurde.

Die quantitative Durchführung gelang erst 52 Jahre später A. Föppl²⁹⁾, der den Kreisel trifilar aufhängte, elektrisch auf bis etwa 2400 Umläufe in der Minute antrieb und die auftretenden Azimutalschwingungen gut abdämpfte. Föppl fand so eine Übereinstimmung der Größe ω_2 mit ihrem astronomischen Werte bis auf 2 %.

Als wesentlicher Fortschritt ist schließlich noch der Vorschlag von Lord Kelvin³⁰⁾ zu erwähnen, den Kreisel auf Quecksilber schwimmen zu lassen. Von hier aus entwickelte sich die

Foucaultsche Idee zum modernen *Kreiselkompaß*³¹⁾, der in der Ausführung von Anschütz & Co. wohl seine beste Form erhalten hat und hier lediglich insofern zu nennen ist, als er zufolge seiner hohen technischen Durchbildung das zurzeit *vollkommenste Kreiselinstrument* vorstellt, welches zum *quantitativ genauen Nachweise* der Erddrehung verwendet werden kann. Nach Versuchen, welche M. Schuler zurzeit im Laboratorium von Anschütz & Co. ausführt, gibt der Kreiselkompaß, erschütterungsfrei aufgestellt, die Nordrichtung, d. h. die Horizontalprojektion der Erdachse bis auf 20" genau³²⁾; mit welcher Genauigkeit sich die Größe von ω_2 durch den Kreiselkompaß bestimmen läßt, ist noch nicht abgeschätzt worden, doch dürfte sie sämtliche anderen nichtastronomischen Bestimmungen weit überreffen.

Schlußbemerkung.

Der erkenntnistheoretische Wert aller dieser Versuche hat sich im Laufe der Zeit stark verschoben. Er bestand, historisch betrachtet, ursprünglich zweifellos darin, daß die heliozentrische Deutung der astronomischen Beobachtungen in sinnfälliger Weise gestützt wurde. Einer solchen Stütze bedarf es längst nicht mehr. Trotzdem haben die mechanischen Versuche nichts an Wert verloren, wenigstens soweit sie quantitativ Ansprüche auf Präzisionsmessungen machen können. Einerseits nämlich zählen sie dann zu den allerbesten Bestätigungen der kinetischen Grundgesetze der Mechanik überhaupt. Andererseits zeigen sie — was sich mit der Tatsache der Erddrehung begrifflich keineswegs vollkommen deckt —, daß ein Bezugssystem, gegen welches die uns bekannte Welt der Fixsterne *im Mittel* ruht, die Eigenschaften eines Inertialsystems besitzt.

Diese Aussage ist jedoch noch nicht genau genug. Darauf deuten die jährlichen Fixsternparallaxen hin. In der Tat war bei den bisher genannten Versuchen immer nur von der *Rotation* der Erde die Rede, nicht aber von ihrer *Revolution* um die Sonne, geschweige denn von *Präzession* und *Nutation* ihrer Achse. Und so tritt ergänzend jetzt die Frage hinzu, ob es möglich oder wenigstens denkbar ist, durch den Versuch nachzuweisen, daß das irdische Bezugssystem auch infolge der Revolution sowie der Präzession und Nutation von einem Inertialsystem abweicht. Wir zweifeln nicht daran, daß diese Frage zu bejahen ist; freilich führt die Antwort hinsichtlich der *Revolution* auf ein Ergebnis, das vom Standpunkt der vorrelativistischen Mechanik überrascht. Es wäre nämlich ganz aussichtslos, die Revolution durch den Nachweis der bei ihr auftretenden Fliehkräfte sichtbar zu machen. Denn man könnte die Fliehkräfte nur relativ zu einem irdischen Beobachtungsort messen; dieser ist aber

²⁹⁾ A. Föppl, Münchener Berichte 34 (1904), S. 5, sowie Phys. Zeitschr. 5 (1904), S. 416.

³⁰⁾ W. Thomson, Nature 30 (1884), S. 524.

³¹⁾ Näheres vgl. R. Grammel, Der Kreisel, Braunschweig 1920, § 19.

³²⁾ Nach brieflicher Mitteilung von Herrn Schuler.

der genau gleichen Flichkraft selbst unterworfen. Nach dem Relativitätsprinzip müssen sich alle irdischen Vorgänge gleich abspielen, ob nun die Erde ihre Revolution um die Sonne oder die Sonne eine Revolution um die Erde vollzieht. Eine absolute Entscheidung zwischen beiden Möglichkeiten ist ausgeschlossen. Und doch zeigt jedes irdische Bezugssystem, wenn man alle irdischen Kräfte sowie die Rotation berücksichtigt, einen deutlichen Unterschied von einem Inertialsystem, der am einfachsten durch die Revolution der Erde erklärt wird. Dieser Unterschied ist das Gravitationsfeld der Sonne. Jeder Versuch, der dieses Gravitationsfeld nachweist, kann vom Standpunkt einer vernünftigen Wissenschaft angesehen werden als Beweis für die Revolution der Erde. Vom relativistischen Standpunkt aus kann mehr als die Existenz dieses Gravitationsfeldes überhaupt nicht bewiesen werden. Die negativen optischen Versuche, welche die Erdbewegung durch den „ruhenden Äther“ vergeblich aufzufinden strebten, sind nach unserer jetzigen Anschauung vollwertig positiv ersetzt durch die einzige Beobachtung, daß die Lichtstrahlen durch das Gravitationsfeld der Sonne abgelenkt werden. Ein irdischer, mechanischer Versuch zum Nachweis des Gravitationsfeldes ist bis jetzt nicht gemacht worden. Er ist aber grundsätzlich möglich, wie aus der Erscheinung der Ebbe und Flut hervorgeht. Deren Sonnenanteil beruht ja einfach auf der Inhomogenität des Gravitationsfeldes der Sonne im Gesamtbereich der Erde. Es genügt mithin, künstlich die Bedingungen für ebbe- und flutähnliche Erscheinungen zu schaffen. Möglichkeiten gibt es hier viele (außer hydraulischen wird man an elastostatische denken: ein Stab von endlicher Länge hat je nach seiner Lage zum Gravitationsfeldvektor verschiedene innere Spannungen), aber die Aussichten dafür, ein einwandfreies Ergebnis zu erzielen, sind infolge der beschränkten Abmessungen, die uns im Laboratorium praktisch zur Verfügung stehen, hoffnungslos gering.

Noch schlechter steht es um die Möglichkeit, auf mechanischem Wege die Präzession der Erdachse, genauer gesagt, die durch sie bedingte Verzerrung des Inertialsystems sichtbar zu machen — von den Nutationen ganz zu schweigen. Wenn wir von den Nutationen als kleinen Abweichungen zweiter Ordnung vollends ganz absehen, so besteht die Präzession darin, daß die Erdachse, beurteilt von einem im Erdmittelpunkte befestigten, die Rotation nicht mitmachenden System aus, einen Kreiskegel mit einem Öffnungswinkel von 47° in 26 000 Jahren beschreibt. Der Vektor c der Winkelgeschwindigkeit dieser Bewegung, vom Erdmittelpunkt aus aufgetragen, steht auf der Ekliptikebene senkrecht, weist nach deren Südseite und hat eine Länge ε gleich dem 26 000.366ten Teil des Rotationsvektors σ . Setzt man beide Vektoren nach der Parallelogrammregel zusammen, so entsteht ein resultierender

Drehvektor u , der ziemlich genau die Länge von σ hat, aber gegen σ um einen kleinen Winkel:

$$\delta \approx \frac{\varepsilon}{\omega} \sin 23,5^\circ$$

vom Lot der Ekliptikebene *weg* geneigt ist. Der Vektor u bleibt, abgesehen von der Revolution, raumfest und beschreibt folglich in der Erde um die geographische Achse einen engen Kreiskegel vom Öffnungswinkel 2δ in einem Tag. Er tritt überdies bei allen Versuchen zum Nachweise der Rotation an die Stelle von σ , und es handelt sich also lediglich darum, die quantitative Genauigkeit dieser Versuche so weit zu steigern, daß sie Kunde geben von jener täglichen relativen Schwankung des „effektiven“ Drehvektors u . Sie hat zur Folge, daß in der geographischen Breite φ die „effektive“ irdische Nordrichtung (d. h. die Horizontalprojektion des Vektors u) im Laufe eines Tages um einen kleinen Winkel ψ nach Osten und Westen ausschwingt; für nicht zu hohe Breiten berechnet sich ψ sehr angenähert zu:

$$\psi = \frac{\delta}{\cos \varphi}$$

und dies gibt für unsere Breiten zahlenmäßig rund $\frac{1}{60}$ Bogensekunde, für höhere Breiten mehr. Ein Kreiselkompaß mit mehr als tausendfach vergrößerter Empfindlichkeit wäre in der Lage, diese Schwankung gerade noch anzuzeigen. Da die nordweisende Richtkraft des Kreiselkompasses beim Ansteigen in höhere Breiten proportional mit $\cos \varphi$ abnimmt, so hätte es auch keinen Zweck, den Versuch unter höheren Breiten anzustellen. Und damit versinkt jede Hoffnung, die Präzession der Erdachse auf mechanischem Wege sichtbar zu machen.

Besprechungen.

Schulz, Hans, Das Sehen, Eine Einführung in die physiologische Optik. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1920. VIII, 146 S. und 86 Abbildungen im Text. Preis M. 25.—.

Vor zwei Jahren war von W. E. Pauli und R. Pauli eine physiologische Optik, dargestellt für Naturwissenschaftler, erschienen, welche in kurzer Zusammenstellung das Wesentliche aus diesem Gebiet bringen wollte. Jetzt erscheint ein ähnliches Werk von Schulz, Privatdozent an der Technischen Hochschule, Charlottenburg, ein Zeichen, daß das Interesse an Fragen der physiologischen Optik zunimmt, und die Bedeutung der Tatsachen auf diesem Gebiet für Naturwissenschaft und Technik immer mehr erkannt wird. Der Verfasser betont dementsprechend im Vorwort, daß bei fast allen Messungen, sei es auch an letzter Stelle, das Auge für die Registrierung der Meßergebnisse benutzt werde und infolgedessen der Einfluß rein physiologischer Fehler in den meisten Fällen zu berücksichtigen sei. Der Wissenschaftler und der Techniker müßten sich deshalb über die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Auges klar sein, wenn sie sich über die objektiv erreichbare Genauigkeit bei ihren Beobachtungen ein Urteil bilden wollen. Das Buch ist also unter diesem Gesichtspunkt geschrieben und zu bewerten. Es bringt in acht Abschnitten die Grund-

tatsachen über das Auge als optischen Apparat, über die Netzhaut, die Lichtempfindungen, die Sehschärfe, die Farbenempfindungen, die zeitlichen Änderungen der Reize, über das räumliche Sehen und die optischen Täuschungen. Da das Buch offenbar von einem Physiker geschrieben ist, ist es verständlich, daß überall die physikalische Seite stärker betont wird. So bringt es viele in physikalischen Zeitschriften mitgeteilte Resultate, die für den Physiologen schwer zugänglich und daher besonders erwünscht sind. Andererseits aber kommt das rein Physiologische vielfach zu kurz. Hier sind neben manchen Mißverständlichkeiten, welche durch die Knappheit der Darstellung verschuldet sein mögen, auch eine Anzahl von Unrichtigkeiten zu erwähnen.

Daß am menschlichen Auge durch den Druck des Ciliarmuskels die stärkere Krümmung der Linsenfläche und damit die Akkommodation zustande kommt, ist nicht richtig, da zunächst *Helmholtz* und dann *Heß* in ausgedehnten Untersuchungen den Nachweis führten, daß die Akkommodation hier auf Erschlaffung des Aufhängebandes der Linse zurückzuführen ist. In den Kapiteln, die sich mit den Licht- und Farbenempfindungen beschäftigen, wird eine Berücksichtigung der hier vielfach grundlegenden Arbeiten *Herings* vermißt; offenbar sind diese dem Verfasser im wesentlichen unbekannt geblieben, da auch im Literaturverzeichnis der Name von *Hering* vollständig fehlt. Nur so ist es wohl zu erklären, daß *Schulz* die Ansicht aussprechen kann, daß die Bedeutung des Schwarz als Farbe von *Ostwald* erkannt worden sei, während *Hering* sie nur angedeutet hätte. Das sind Unterlassungen, die nicht ungerügt bleiben dürfen. Auch ist *Ostwald* nicht der Erste gewesen, der jede Körperfarbe als hinreichend charakterisiert durch Bestimmung ihres Farbtones, ihres Gehaltes an Weiß und desjenigen an Schwarz erkannt hätte und die Gesamtheit aller Farben darnach als dreidimensionalen Körper darstellt. Diese Form der Veranschaulichung ist im Prinzip schon längst bekannt. Störend und für den Anfänger verwirrend ist es, daß bei den Kurven, die eine Abhängigkeit des Reizeffektes von der Wellenlänge des Lichtes darstellen, in der Abszissenachse das langwellige Ende des Spektrums bald links, bald rechts angenommen ist. Bei der Besprechung der stereoskopischen Bilder und der Fälschung des Eindrucks, den photographische, mit kleiner Brennweite aufgenommene Bilder hervorrufen, wäre es im Interesse historischer Exaktheit geboten gewesen, den Veranten zu erwähnen, der ja gerade ein fehlerfreies Sehen in dieser Hinsicht gestattet. Nicht genügend berücksichtigt ist auch die Bedeutung des Kontrastes und der auf Lokaladaptation des Auges beruhenden physiologischen Erscheinungen, die bei Ablese physikalischer Instrumente sich äußerst störend einmischen können. In dieser Hinsicht erfährt der Leser aber vieles sonst wenig Bekannte aus dem letzten Kapitel, welches die optischen Täuschungen behandelt.

Die vielen Ausstellungen könnten den Eindruck erwecken, als ob das Buch nicht geeignet wäre, seinen Zweck zu erfüllen; das ist jedoch nicht der Fall. Es ist sicher als Einführung für den Techniker gut brauchbar. Für eine neue Auflage wäre es aber dringend zu wünschen, daß die Beschreibung der Figuren nicht nur im Text, sondern auch als Unterschrift gegeben würde. Manche Abbildungen sind sonst kaum verständlich.

Im Ganzen betrachtet wird diese Einführung in die physiologische Optik aber doch das Urteil nahe legen, daß eine alle Teile befriedigende Lösung der gestellten

Aufgabe sich nur durch das Zusammenarbeiten eines Physikers mit einem Physiologen ermöglichen läßt.

A. Brückner, Jena.

Grübler, Martin, Lehrbuch der Technischen Mechanik.

1. Band Bewegungslehre. 140 S. und 124 Fig. Preis M. 8,—; 2. Band: Statik des starren Körpers, 280 S. und 222 Fig. Preis M. 18,—. Berlin, Julius Springer, 1920.

Der Begriff der technischen Mechanik ist hier etwas enger gefaßt, als in manchen anderen Werken; mit dem 3. Band über die Dynamik des starren Körpers soll das Werk abgeschlossen werden, also Festigkeitslehre, Elastizitätstheorie und Hydrodynamik nicht mitumfassen. Die Gliederung des Stoffes weicht erheblich von der sonst üblichen ab und wird wohl auch nicht für jeden Hochschullehrplan geeignet sein; zum Studium kann das Werk, gerade weil das Gebiet meist in anderer Anordnung dargeboten wird, mit großem Vorteil verwendet werden. Die Darstellung ist ausführlich, klar und übersichtlich.

Der erste Teil enthält reine Bewegungslehre, also noch keine physikalische Mechanik; die Bewegung des Punktes, auch in Polar- und Zylinderkoordinaten dargestellt, die freie und gebundene Bewegung starrer Körper und die Relativbewegung werden gründlichst erläutert. Zuletzt wird auch ein Ausblick auf die Änderung unserer Begriffe über die Bewegung infolge der Relativitätstheorie gegeben.

Der 2. Band führt zunächst den Begriff der „Stoffmenge oder Masse“ ein, gibt als Meßvorschrift für diese Größe die Wägung auf der Hebelwaage, die Bestimmung des „Gewichtes“ an, gelangt von da zum 2. Newtonschen Gesetz, welches als Meßvorschrift für die „Kraft“ dient. Nach einer genauen Besprechung der Maßsysteme wendet er sich zu den Problemen der Statik. Zunächst werden die Begriffe des Massenmittelpunktes, der Trägheitsmomente, der Arbeit und des Kräfteparallelogramms erläutert, dann das Prinzip der virtuellen Arbeit formuliert und die Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften in allen Fällen zugleich mit den Grundlagen der graphischen Statik besprochen. Es folgt das Gleichgewicht der Kräfte am frei und nicht frei bewegten starren Körper, an in Flächen gestützten Körpern und an festen und beweglichen Verbindungen starrer Körper, wobei dem Gesamtplan entsprechend natürlich nur die statisch bestimmten Fachwerke durchgerechnet werden. Die Theorie der Reibung beschließt den 2. Band.

L. Hopf, Aachen.

Bühler, Karl, Die geistige Entwicklung des Kindes.

2. Aufl. Jena, G. Fischer, 1921. XVI, 463 S., 34 Abb. und 1 Tafel. Preis M. 62,—.

„Binnen 3 Jahren ist die 2. Auflage der Bühlerschen Kinderpsychologie erschienen, um 85 Seiten vermehrt. Bühler beweist durch die neue Anordnung des Stoffes, daß er sich nicht mit einer Erweiterung um die inzwischen bekanntgewordenen Tatsachen begnügte, sondern er hat alles von neuem durchdacht und eine neue Folge der Gedanken gewählt. Der Psychologe, der die Gesamtheit der kindlichen Entwicklung geben will, sieht sich ja vor der Entscheidung zwischen zwei Möglichkeiten. Er kann jeweils die Stufen der Entwicklung behandeln und versuchen, die Totalität einer Stufe plastisch herauszuarbeiten, oder er verfolgt den Entwicklungsgang der einzelnen „Vermögen“ und zieht so mehrere Linien parallel zueinander. Der letztere Weg wird mehr der Fachmann befriedigen, der erstere dem Laien angenehmer sein. Bühler versucht ein Kompromiß. Er

bringt erst die allgemeinen Kapitel: Instinkt Dressur Intellekt, Vererbung, Historie, körperliche Entwicklung. Dann widmet er 50 Seiten dem ersten Lebensjahre. Hierauf folgt ein größerer Abschnitt über die Wahrnehmungen einschließlich Aufmerken, Vergleichen, Zählen. Dann Sprache, Zeichnen, Vorstellungstätigkeit (mit Spiel und Märchen), Denken in je einem Abschnitt. Und schließlich bringt Bühler in einem Schlußkapitel noch eine etwas uneinheitliche Zusammenstellung von dem Ursprung des Intellekts, Genießen, Spielen, Schaffen und den Formen des kindlichen Spiels. — Jeder einzelne der Hauptabschnitte ist vortrefflich. Ohne auf eine bestimmte Richtung eingeschworen zu sein, verwertet Bühler die gesamten Ergebnisse neuerer Psychologie. Er weist überall auf das Wesentliche, zeigt stets die Zusammenhänge des Sonderproblems mit der allgemeinen Fragestellung auf und verrät dabei immer wieder, daß er den Problemen nicht nur kühl theoretisch gegenübersteht, sondern mit dem Temperament seiner wissenschaftlichen Persönlichkeit an ihnen beteiligt ist. Dabei erkennt man überall mit Befriedigung, daß ihm die Anschaulichkeit persönlicher Erfahrung zur Verfügung steht. Lediglich in dem Kapitel über die Entwicklung des Denkens schweift Bühler vielleicht ein wenig zu weit in die theoretische Denkpsychologie ab. — Die Anordnung des gesamten Stoffes, die ich oben andeutete, ist selbstverständlich auch anders denkbar. Das ganze Buch ist kein einheitlich strukturierter Organismus. Und dies ergibt einen Wunsch für eine hoffentlich bald zu erwartende dritte Auflage. Der Verfasser möge den Umfang des Buches nicht vermehren, sondern vermindern. Er möge sich des vorzüglichen Aufbaus des alten Preyerschen, in vielen Einzelheiten ja inzwischen ganz veralteten Kinderseelenbuches erinnern. Wir haben es heutzutage ja viel schwerer, die Fülle der neuen Tatsachen organisch zusammenzuordnen, aber bei einem kraftvollen Willen zu einer geschlossenen Form wird Bühler unter Opferung mancher kleiner Kapitel (Mendelsche Regeln, körperliche Entwicklung usw.) sicherlich einen noch besseren, einheitlicheren Aufbau des Ganzen erreichen.

Jedenfalls hat das treffliche Buch heute in der Kinderpsychologie nicht seines Gleichen.

H. Gruhle, Heidelberg.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die Einwirkung starker elektrischer Felder auf die Absorptionslinien des Natriumdampfes.

Bisher sind alle Versuche, den Einfluß eines elektrischen Feldes auf Absorptionslinien nachzuweisen, erfolglos geblieben; der nach seinem Entdecker J. Stark benannte Effekt ist nur an den Emissionslinien elektrisch erregter Gase (Kanalstrahlen) beobachtet worden. Unter Benutzung starker elektrischer Felder (150—200 000 Volt/cm) und eines Interferenzspektroskops nach Lummer-Gehrcke habe ich kürzlich einen deutlichen unsymmetrischen Effekt (Rotverschiebung von etwa 0,02 Å) an den Absorptionslinien des Natriumdampfes im Gelb (den D-Linien) nachgewiesen. (Vorgetragen am 21. 6. 1921 in der Sitzung der Schles. Ges. f. vaterl. Kultur, Naturwiss. Sektion, Breslau.)

Breslau, 2. August 1921.

R. Ladenburg.

Ionisierungsspannung der Halogenwasserstoffe. Vorläufige Mitteilung.

Im Hinblick auf Überlegungen von Born, Fajans und Haber schien es wünschenswert, die

sogenannte Ionisierungsspannung der Halogenwasserstoffe experimentell festzulegen. Dies geschah in einer Arbeit, die in Kürze erscheinen wird. Allein die Resultate seien vorweggenommen. Es ergab sich für die drei in der Tabelle angegebenen Gase die Ionisierungsspannung in J Volt entsprechend einer Energie von K Kilokalorien:

Gas	J	K
Chlorwasserstoff	14,25	328
Bromwasserstoff	13,70	315
Jodwasserstoff	13,20	304

Zyanwasserstoff, der hinsichtlich seines chemischen Verhaltens gewisse Ähnlichkeiten mit den Halogenwasserstoffen hat, ergab, nach der gleichen Methode des Elektronenstoßes untersucht, nach den bisherigen Messungen einen Wert, der in die angegebene Reihe hineinpaßt.

Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für phys. Chem. Ende Juli 1921.

Paul Knipping.

Biologische Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über schlesische Characeen. (In der bot. Sektion der Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur vorgetr. am 24. Februar 1921 von Dr. Br. Schröder in Breslau.)

1876 hatte A. Braun, der Altmeister der Characeenkunde, eine zusammenfassende und mustergültige Darstellung alles dessen gegeben, was bis dahin über die schlesischen Characeen oder Armleuchtergewächse bekannt war. Sie umfaßte nur 14 Arten von 43, die man für Deutschland nachgewiesen hatte. Mit dieser geringen Zahl stand das sonst gut durchforschte Schlesien in Mitteleuropa an letzter Stelle. Zwar fehlen in dieser Provinz brackische Gewässer und mit Ausnahme des Nordens derselben auch größere Seen, aber es mag auch noch manches übersehen worden sein.

Mitte der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts sammelte W. Migula besonders in Oberschlesien, um Breslau, im Bartschgebiete bei Militsch und im Schlawasee Characeen und erhielt auch solche von Dreßler in Löwenberg zugesendet. Migula entdeckte zwei neue Arten für Schlesien, nämlich *Chara coronata* und *Ch. ceratophylla*. Seit den 90er Jahren war der Vortragende bestrebt, auf seinen Ausflügen, die vornehmlich den Algen galten, in den Kreisen Grünberg, Freystadt, Trachenberg, Rothenburg O.-L., Waldenburg und Glatz auch auf Characeen zu achten und fand *Nitella syncarpa* neu für Schlesien. Herbarexemplare seiner Funde wurden in der Sitzung vorgelegt und das Einsammeln dieser Wassergewächse besprochen.

Durchaus reines Wasser liebend, sind die Characeen, vielleicht mit Ausnahme von *Nitella opaca*, sehr empfindlich gegen Verunreinigung des Wassers ihres Standortes durch Abwässer menschlicher Siedlungen oder der Industrie. Diese Pflanzen gehören daher unstreitig zu den Kulturflechten, die mehr und mehr bei uns im Verschwinden begriffen sind.

An der Hand einer tabellarischen Übersicht wurde gezeigt, daß die Standorte aller gefundenen Characeen in der schlesischen Ebene bis 300 m Höhe liegen, sechs Arten gehen in die Hügelregion bis 500 m hinauf, und nur ein Standort von *Chara subhispida* liegt in Kohlau unweit von Reinerz bei 560 m in der Bergregion. In der subalpinen Region sind keine Characeen bis jetzt gefunden worden. Die montanen und subalpinen Moore Schlesiens sind frei davon, ebenso die beiden Hochseen im Riesengebirge. Hinsichtlich der letzteren dürfte der Mangel an Kalk einer der Faktoren sein,

die das Fehlen erklären und die Vermutung A. Brauns: „die geologische Konstitution der schlesischen Gebirge scheint dem Vorkommen der Characeen weniger günstig zu sein“, dürfte zu Recht bestehen.

In bezug auf die horizontale Verbreitung dieser Gewächse teilte der Vortragende die Provinz in 10 Florenbezirke ein, von denen einige bezüglich des Vorkommens von Characeen noch unerforscht sind, andere nur spärliche Vertreter aufweisen. Noch zu suchen wären folgende Arten, die in Nachbargebieten vorkommen: *Nitella batrachosperma* A. Br., *Tolypella prolifera* (Ziz.), *Lychnothamnus barbatus* (Meyen), *Chara jubata* A. Br., *Ch. tenuispina* A. Br. und *Ch. delicatula* Ag. (Näheres darüber in den Mitteilungen der Märkischen Mikrobiologischen Vereinigung in Berlin 1921.) Schröder.

Die Frage nach den Faktoren, die die Entwicklung der Planktonorganismen beeinflussen, ist naturgemäß so alt wie die Kenntnis von den Planktonorganismen selbst. In einer in Bd. 38 der Zool. Jahrb. Abt. f. Zool. u. Physiol. 1920 erschienenen Arbeit („Beiträge zur Frage nach dem Einfluß von Temperatur und Ernährung auf die quantitative Entwicklung von Süßwasserorganismen“) behandelt H. H. Wundsch das Verhältnis von Temperatur und Ernährung in ihrem Einfluß auf die Mengenentwicklung des tierischen Netzplanktons. Bisher lautete die Frage: reguliert die Ernährung oder die Temperatur die Periodizität des Netzplanktons? Demgegenüber stellt Wundsch eine enge Beziehung zwischen beiden Faktoren fest. Zunächst einmal erbringt er im Widerspruch mit früheren Autoren (Dieffenbach, Sachse) für sein Untersuchungsgebiet — die Teiche der Versuchsstation Sachsenhausen — den Beweis, daß die Temperatur tatsächlich die quantitative Entwicklung des Netzplanktons beeinflussen kann. Die genauere Charakteristik der untersuchten Teiche ergibt den Grund für die Abweichung dieses Befundes von den Ergebnissen anderer Arbeiten: die Teiche sind arm an Nannoplankton, die sessilen nichtplanktonischen Grünalgen und Diatomeen sowie ihre Zerfallprodukte sind die Nahrungslieferanten, die Produzenten. Hierdurch wird eine gewisse Konstanz des Ernährungsfaktors garantiert. Demgegenüber steht ein starkes Schwanken der Temperaturverhältnisse, da naturgemäß in flachen Teichen die Wassertemperatur der Lufttemperatur in relativ kurzen Intervallen folgt.

Weiterhin legt Wundsch dar, daß die Fähigkeit der Tiere zur Ausnutzung der gebotenen Nahrungsmengen abhängig sein muß von verschiedenen Faktoren, so auch von der Temperatur, insofern als sie imstande ist, den physiologischen Zustand der Individuen zu beeinflussen. Der Temperaturfaktor ist also in erster Linie als primäres Moment bestimmend für die Lage des Optimums der Ernährung. Schwankungen dieses Faktors können also in ihrer Wirkung auf die Mengenentwicklung des tierischen Netzplanktons nur dann augenfällig werden, „wenn der Ernährungsfaktor gleichzeitig dauernd den Bedarf voll deckt, d. h. im Optimum, also konstant ist,“ und das ist er bei dauerndem Überangebot. Wundsch spricht diese Gesetzmäßigkeit mit folgenden Worten aus: wirken mehrere biologische Faktoren gleichzeitig und gleichsinnig quantitativ auf einen Organismenkreis, so tritt im biologischen Effekt derjenige Faktor jeweils als augenfällig hervor, der die größeren Quantitätsschwankungen zeigt, solange der andere, konstantere Faktor dauernd wenigstens das Minimum des wechselnden Bedarfs deckt. Übertragen wir den Satz auf die natürlichen

Verhältnisse, so müßte also — und die Befunde fast aller Autoren deuten ja auch darauf hin — in kleineren und flachen Becken der Temperaturfaktor, in großen und tiefen Seen dagegen der Ernährungsfaktor in seiner Wirkung auf die quantitative Entwicklung des tierischen Netzplanktons hervortreten. Ersteren sind die starken Temperaturschwankungen und konstanten Nahrungsmengen, letzteren die relativ gleichmäßig optimale Temperatur und die stark oszillierende Produzentenmenge eigen. Zum Schluß seiner Arbeit verurteilt Wundsch mit Recht die Ausschließlichkeit, mit der oft bei Behandlung derartiger Probleme die Frage nach dem Einfluß des einen oder des anderen Faktors gestellt wird, wobei zu oft vergessen wird, daß die Natur uns „einen Komplex von Einwirkungen zu erforschen gibt“. Lenz.

Das Problem der Cyanophyceenzelle. (O. Baumgärtel, Arch. f. Protistenk. Bd. 41, H. 1, S. 50—148.) Bei der großen Bedeutung, welche der Zellkern für das Leben und die Funktionen der Zelle zu besitzen scheint, hat die Frage, ob es tatsächlich kernlose Zellen und Organismen gibt, von jeher großes Interesse erweckt. Als solche kernlose Organismen, die Haeckel als „Moneren“ bezeichnete, kamen hauptsächlich die Bakterien und blau-grünen Algen in Betracht. Viele Forscher glauben jedoch entweder in dem farblosen Zentralkörper oder in zentral gelagerten Körnchen zellkernartige Substanzen gefunden zu haben, doch ist die Frage bis heute unentschieden. Auch darüber, wie das blau-grüne Farbstoffgemisch in der Cyanophyceenzelle auftritt, herrscht keine Einigkeit; die einen behaupten das Vorhandensein fester Chromatophoren, während andere eine diffuse oder eine inhomogene Verteilung des Farbstoffes beschreiben. Die chemische Natur der verschiedenen Granulationen ist ebenfalls noch unaufgeklärt. Diese verschiedenen Fragen hat Baumgärtel von neuem untersucht unter eingehender Kritik unserer heutigen Methodik und unserer allgemeinen Auffassungen der verschiedenen morphologischen Elemente der Pflanzenzelle (Cytoplasma, Zellkern und Chromatophoren). Seine Untersuchungen und Betrachtungen führen zu dem Ergebnis, daß in der Cyanophyceenzelle zwei verschiedene Bestandteile vorhanden sind, einerseits das peripher gelagerte „Chromatoplasma“, welches das blaugrüne Farbstoffgemisch in diffuser Verteilung enthält, und andererseits das durchsichtige „Centroplasma“, in dem es zur Ausbildung bestimmter Gebilde kommt, die als „Plasten“ bezeichnet werden. Unter ihnen werden wieder „Endoplasten“, die mit dem Kernsaft verglichen werden, „Epiplasten“, welche den Chromiolen entsprechen sollen, und „Ectoplasten“, vergleichbar den proteinhaltigen Nukleolen, unterschieden. Alle drei Plasten zusammen nennt B. den „Caryoplasten“ und betrachtet ihn als einen offenen Zellkern, welcher neben den eigentlichen Kernfunktionen auch noch die Rolle des Kohlehydratspeichers besitzt. Eine mitotische Teilung des Caryoplasten fehlt, doch können gelegentlich chromosomenähnliche Gebilde vorgetäuscht werden. Im ganzen ist die Cyanophyceenzelle ein primitives, wenig differenziertes Gebilde. A. Pratje.

Einfluß der Temperatur auf das Wachstum gewisser parasitischer Pilze. (H. S. Fawcett, Univ. of California Publications in Agric. Sciences, 4, 183—232, Mai 1921.) Fawcett mißt die Wachstumsgeschwindigkeit von 4 Pilzen (Pythia citri, Phytophthora terestria, Phomopsis citri und Diplodia natalensis) bei verschiedenen Wärmegraden. Gleich große Mycelstücke werden auf Maismehlagar in großen Petri-

schalen übertragen, und bei peinlich genauer Konstanthaltung der Temperatur werden die Durchmesser der Pilzkolonien täglich gemessen. Die Anzahl der Messungen ist sehr groß, da bei 23 verschiedenen Wärmegraden, zwischen 7,5° und 45° liegend, die meisten Versuche etwa 10mal wiederholt wurden, um gute Mittelwerte zu erzielen. Diese Mittelwerte werden dann rechnerisch und graphisch weiter verarbeitet und miteinander verglichen.

Die Optimal- und Minimaltemperaturen sind für jeden Pilz ziemlich scharf, während die Maximaltemperatur mit zunehmender Versuchsdauer bedeutend zurückgeht. Werden die Wachstumskurven auf gleiche Maxima umgerechnet (Wachstumsgeschwindigkeit beim Maximum = 1), so zeigen die ersten beiden Pilze gleiche Kurven, von welchen die des ersten Pilzes gegen den anderen um 5–6° nach links verschoben ist. Die Kurven der andern beiden Pilze sind unähnlich. Der Temperaturkoeffizient für 10° Wärmezunahme ist bei den tiefsten Temperaturen ∞ , fällt dann schnell bis auf 3, geht langsam auf 2 zurück und erreicht beim Maximum den Nullpunkt, wie bereits verschiedene Verfasser gezeigt haben.

Irgendwelche Erklärungen für den Einfluß der Temperatur auf den Organismus werden nicht versucht. Verf. begnügt sich mit der Feststellung der Tatsachen. In der Fülle des Beobachtungsmaterials liegt der Hauptwert dieser Arbeit.

Otto Rahn.

Nervenleitungsgeschwindigkeit und osmotischer Druck. (Physiol. Inst., München.) (Broemser, Ph., Zeitschr. f. Biol. Bd. 72, H. 1–2, S. 37–50, 1920.) Verf. stellt eine neue Theorie der Nervenleitung auf. Nimmt man mit Nernst an, daß der Erregungsvorgang an einer gereizten Nervenstelle eingeleitet wird durch eine Konzentrationsänderung bestimmter Größe, so könnte der Erregungsvorgang in Wellenform fortschreiten, wenn eine an einem Ort des Nerven gesetzte Konzentrationsänderung in Form einer Welle fortschreiten würde. Verf. setzt nun unter einfachen schematischen Annahmen für ein Modell eine Differentialgleichung an. Es werde ein Rohr mit (zunächst) konstantem kleinen Querschnitt angenommen, das durch sehr viele halbdurchlässige Quermembranen in sehr viele sehr kleine Räume geteilt ist. Die Wände seien also nicht für den gelösten, gleichmäßig verteilten Stoff, sondern, unter Überwindung einer gewissen Reibung, nur für das Lösungsmittel (Wasser) durchgängig. Die Wand des Rohres sei so wenig fest, daß der Querschnitt des Rohres stets durch seinen Inhalt bestimmt ist. Wird jetzt durch äußere Kräfte das Lösungsmittel in seiner gleichmäßigen Verteilung gestört, so bestehen Konzentrationsverschiedenheiten. Die dadurch hervorgerufenen Druckdifferenzen wirken auf das Lösungsmittel und suchen eine Bewegung desselben zu veranlassen. Diese Annahmen können unter Berücksichtigung der Trägheit und der Reibung sowie der osmotischen Gesetze mathematisch formuliert werden und liefern unter der Annahme, daß die Druckschwankungen klein gegen den Anfangsdruck, die bekannte „Telegraphengleichung“, welche eine mit Dekrement fortschreitende Welle darstellt. Macht man schließlich noch die Annahme, daß die Konzentrationsveränderung am Anfangspunkt des Rohres rhythmisch vorgenommen werde, und daß der Reibungsfaktor klein sei gegenüber dem Produkt von Frequenz der Beeinflussung und Dichte der Lösung, so ergibt sich das

Schlußresultat $v = \sqrt{\frac{p_0}{\sigma}}$ (v = Fortpflanzungsgeschwindigkeit, p_0 osmotischer Anfangsdruck, σ Dichte der

Lösung). In Worten: Die Konzentrationswelle pflanzt sich in dem Schema fort mit einer Geschwindigkeit, die gleich ist der Quadratwurzel aus dem Quotienten: osmotischer Druck durch spezifische Masse des Lösungsmittels. Verf. berechnet nun diesen Quotienten für Froschringerlösung von 18° und findet $v = 22,4$ m/sec, was überraschend gut mit den experimentell gefundenen Daten übereinstimmt. Nun stellt er eigene Versuche an teils mit Rußschreibung, teils mit optischer Registrierung mittels eines spiegelarmierten Ilebels von beträchtlicher Güte (s. auch die zweckmäßigen Reizelektroden). Dabei wurden Froschnerven bei Zimmertemperatur teils mit normaler, teils mit zweifach hypo- oder hypertotonischer Ringerlösung vorbehandelt. Tatsächlich änderte sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in dem erwarteten Sinne, und die Abweichungen von den theoretisch zu erwartenden Werten waren gering, im Mittel höchstens 11 %.

M. Gildemeister.

(Ber. üb. d. ges. Physiol.)

Astronomische Mitteilungen.

Die Veränderlichen vom Miratypus, die langperiodischen physischen Veränderlichen, zeigen eine große Mannigfaltigkeit der Formen ihrer Lichtkurven. Der Anstieg der Helligkeit vom Minimum zum Maximum ist entweder kürzer als der Abfall vom Maximum zum Minimum, oder gleich lang, oder in seltenen Fällen sogar länger, das Maximum ist zuweilen spitz, zuweilen rund, zuweilen ganz flach, ebenso das Minimum. Ferner kommen sekundäre Wellen auf dem Hauptzuge der Lichtkurve vor, meistens auf dem absteigenden Aste, endlich hat der Umfang des Lichtwechsels einen großen Spielraum (zwischen 1 oder 2 und etwa 9 Größenklassen, im Durchschnitt zwischen 4 und 5). Die Form der Lichtkurve und ihre Amplitude sind auch bei ein und demselben Sterne in der Regel stark veränderlich. Die mittlere Periodenlänge scheint in den allermeisten Fällen merklich konstant zu sein, dies gilt jedoch nicht für die Einzelperioden, die bis zu 10 % und noch mehr von ihrem Durchschnitt abweichen können.

Bei genauerer Betrachtung der aus vielen Einzelerscheinungen gebildeten mittleren Lichtkurven lassen sich trotz der großen Mannigfaltigkeit der Formen einige wenige Grundtypen erkennen, denen eine bestimmte, noch nicht erkannte Bedeutung zuzukommen scheint. Der Erste, der eine Einteilung der Mirasterne nach ihren Lichtkurven versuchte, war E. C. Pickering (Harv. Ann. Bd. 57). Die Einteilung erfolgte lediglich nach dem Aussehen der Lichtkurven und ergab 5 Klassen, von denen jedoch nur 3 wesentlich verschieden zu sein scheinen. Dann schlug Phillips in seiner „Presidential address before the British Astron. Association“, 1916, eine Einteilung in zwei Hauptgruppen vor. Er unterzog die ihm bekannten genauer festgelegten Lichtkurven einer harmonischen Analyse und ordnete die so erhaltenen Fourierschen Reihen nach denjenigen Koeffizienten, die die Phasen der Glieder zweiter und dritter Ordnung darstellen. Dieses Verfahren ist natürlich im Grunde identisch mit dem Pickeringischen, da ja die Koeffizienten die Form der Lichtkurven bestimmen. Hagen endlich verfuhr in derselben Weise wie Phillips und gelangte zur Aufstellung von drei Klassen, die praktisch identisch mit den drei Harvardklassen sind (Monthly Notices of the R. A. S. Bd. 79, 572, 1919, und Astron. Nachr. Bd. 209, 257,

1919). Diese drei Klassen faßt er in zwei Hauptgruppen zusammen, die denen von Phillips nahezu entsprechen. Die kurzperiodischen physischen Veränderlichen (8 Cephei und Verwandte) lassen sich in ähnlicher Weise gruppieren und bekunden auch darin ihre mutmaßliche Verwandtschaft mit den Mirasternen.

Im *Astrophys. Journal* Bd. 53, 179, 1921, legt Hagen seine Gruppierung der langperiodischen Veränderlichen etwas ausführlicher dar. Die drei Gruppen sind: I. Sterne mit gleichmäßiger Helligkeitsbewegung, d. h. Anstieg und Abfall der Helligkeit nahe gleich schnell und Maximum und Minimum gleich geformt; IIa. Sterne mit flachem Minimum; IIb. Sterne mit steilem Anstieg der Helligkeit zum Maximum. Die erste Gruppe ist bei weitem am zahlreichsten vertreten. Der Wert von $(M - m) : P$ oder von $[2(M - m) - P] : P$ hat einen fortschreitenden Gang von I nach IIb; $(M - m) : P$ ist durchschnittlich am größten in Gruppe I, am kleinsten in Gruppe IIb. Hier bedeutet: P die Periode des Lichtwechsels, M die Zeit der Phase des Maximums, m die Zeit oder Phase des Minimums. Die Phase ϕ_3 des Gliedes dritter Ordnung in der Fourierentwicklung der Lichtkurve nimmt dabei durchschnittlich von 190° auf 97° ab, usw. Die erste Gruppe ist von den beiden anderen mehr verschieden als diese untereinander.

Guthnick.

Die weiteren Untersuchungen Merrills über die Spektren der langperiodischen Veränderlichen vom Miratypus (Md = III. Typus mit hellen Wasserstoff- und anderen Linien), über die früher schon an dieser Stelle berichtet wurde, ergaben die folgenden, für diese Sterne anscheinend charakteristischen Züge. Es gelang Merrill 6 Veränderliche der Klasse spektroskopisch über einen beträchtlichen Teil des Helligkeitswechsels bis nahe ans Minimum zu verfolgen. Dazu kommt der hellste Mirastern, α Ceti, der bereits anderweitig untersucht worden war. Die Emissionslinien H_β , H_γ , $\lambda 4202$ Fe, $\lambda 4308$ Fe, $\lambda 4571$ Mg und viele andere zeigen periodische Veränderungen mit dem Lichtwechsel. Sie sind nicht beständig sichtbar, sondern erscheinen nach dem Helligkeitsmaximum in der angegebenen Reihenfolge. So ist im Durchschnitt die Emissionslinie H_β im Minimum der Helligkeit (Phase $-0,4 P$, P = Periodenlänge) unsichtbar, erscheint jedoch bald darauf, bei der Phase $-0,3 P$. Im Maximum der Helligkeit, Phase $0,0 P$, hat sie noch nicht das Maximum ihrer Intensität erreicht, das erst zwischen $+0,1 P$ und $+0,2 P$ eintritt. Bei der Phase $+0,4 P$ wird die Linie wieder unsichtbar. Die Linie H_γ erscheint etwas später, erreicht ungefähr die gleiche maximale Intensität wie H_β und wird dann relativ stärker als H_β , da sie später verschwindet. Die Linie $\lambda 4571$ erscheint erst nach dem Maximum, bei der Phase $+0,1$ bis $+0,2$, erreicht ihre größte Intensität bei der Phase $+0,4$ und verschwindet zwischen $+0,6$ und $0,7$, unmittelbar nach dem Minimum der Helligkeit. Während H_β und H_γ ungefähr gleich hell werden, bleiben die übrigen Linien wesentlich schwächer. Das Verhalten der Linien ist mit einer typischen mittleren Lichtkurve verglichen, die aus den mittleren Lichtkurven von 5 Mirasternen gebildet ist. Ihre Amplitude ist 5,3 Größenklassen, die Dauer des Anstieges der Helligkeit $0,4$ der ganzen Periode. Das Verschwinden der Wasserstofflinien im Minimum der Helligkeit scheint nicht stets einzutreten, wenigstens haben Adams und Joy H_β , H_γ und H_δ entgegen an-

deren Beobachtern im Spektrum von α Ceti während eines Minimums als sehr verwaschene, stark nach dem roten (!) Ende des Spektrums verschobene Emissionsbänder beobachtet. Überhaupt findet man starke Unterschiede in den Spektren von einem Helligkeitszyklus zum andern, wie ja auch die Lichtkurven dieser Sterne sehr unbeständig sind.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, ist auch die relative Intensität der Wasserstofflinien in den Miraspektren veränderlich. Während des Helligkeitsmaximums ist sie sehr verschieden von den Laboratoriumswerten. H_δ und ein Teil der ultravioletten Linien sind dann relativ kräftig, H_β , H_γ und die auf H_ϵ folgenden relativ schwach. H_α verhält sich von Fall zu Fall verschieden. H_β scheint in der Regel in hellen Maxima kräftig, in schwachen Maxima schwach zu sein. Das Titanoxyd-Absorptionsband verhält sich umgekehrt. Die Veränderlichen der Spektralklasse N, die den Md-Sternen nahe verwandt scheinen, verhalten sich hinsichtlich der Wasserstofflinien ähnlich wie die letzteren.

Die nicht dem Wasserstoff angehörenden Emissionslinien verändern, wie oben schon angedeutet, ebenfalls periodisch ihre Intensität, erscheinen jedoch später nach dem Minimum als H_δ und H_γ , einige sogar erst nach dem Helligkeitsmaximum. Die Magnesiumlinie $\lambda 4571,114$, eine Linie niedriger Temperatur, ist nahe dem Maximum in der Regel als Absorptionslinie sichtbar.

Veränderliche Verschiebungen der Linien sind in den Md-Spektren außer dem einen angedeuteten Falle von α Ceti, in dem die Emissionslinien, die sonst stets nach dem Violett verschoben sind, im Minimum nach dem Roten verschoben erschienen, bisher nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß sich kleine periodische Verschiebungen mit dem Lichtwechsel, ähnlich denen der δ Cephei-Sterne, in Zukunft bei einzelnen Mirasternen herausstellen werden. In einem Falle mit ungewöhnlich kurzer Periode scheint dies bereits der Fall zu sein.

Über das Verhalten des kontinuierlichen Spektrums und der Absorptionslinien ist noch wenig bekannt. Die Emissionslinien sind, wie bereits bemerkt, relativ zu den Absorptionslinien stark nach dem Violett verschoben (umgekehrt wie bei den Novae!), wenigstens gilt dies für die Umgebung des Helligkeitsmaximums. Die Absorptionslinien geben wahrscheinlich die wahren Radialgeschwindigkeiten der Sterne. Ludendorff (A. N. 212, 483 und 213, 297) hat gezeigt, daß anscheinend eine in erster Näherung als linear zu betrachtende Beziehung zwischen dem Betrag der relativen Verschiebung der hellen Linien gegen die dunkeln und der Länge der Lichtwechselperiode besteht; die Verschiebungen sind durchschnittlich um so größer, je länger die Periode. Legt man diese Beziehung zugrunde, so kann man die Radialgeschwindigkeit auch für diejenigen Sterne berechnen, bei denen die Absorptionslinien infolge zu geringer Helligkeit der Sterne bisher nicht zu beobachten waren. Die statistische Behandlung des so erhaltenen Materials ergab, daß die Radialgeschwindigkeit durchschnittlich mit wachsender Periode des Lichtwechsels abnimmt. Dieses Gesetz ist auch in den lateralen Eigenbewegungen der Mirasternen angedeutet. Eine ähnliche Beziehung besteht bei den δ Cephei-Sternen, deren Verwandtschaft mit den Mirasternen auch hierin sich kundgibt.

Guthnick.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 35. (Seite 673—708)

31. August 1921.

Neunter Jahrgang.

DEM ANDENKEN

AN

HELMHOLTZ

ZUR JAHRHUNDERTFEIER

SEINES GEBURTSTAGES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wollen man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40⁹/₁₀ Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle
übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tagen gelangt zur Ausgabe:

HERMANN VON HELMHOLTZ SCHRIFTEN ZUR ERKENNTNISTHEORIE

herausgegeben und erläutert von

Paul Hertz

in Göttingen

und

Moritz Schlick

in Rostock

Dem A n d e n k e n

an

Hermann v. Helmholtz

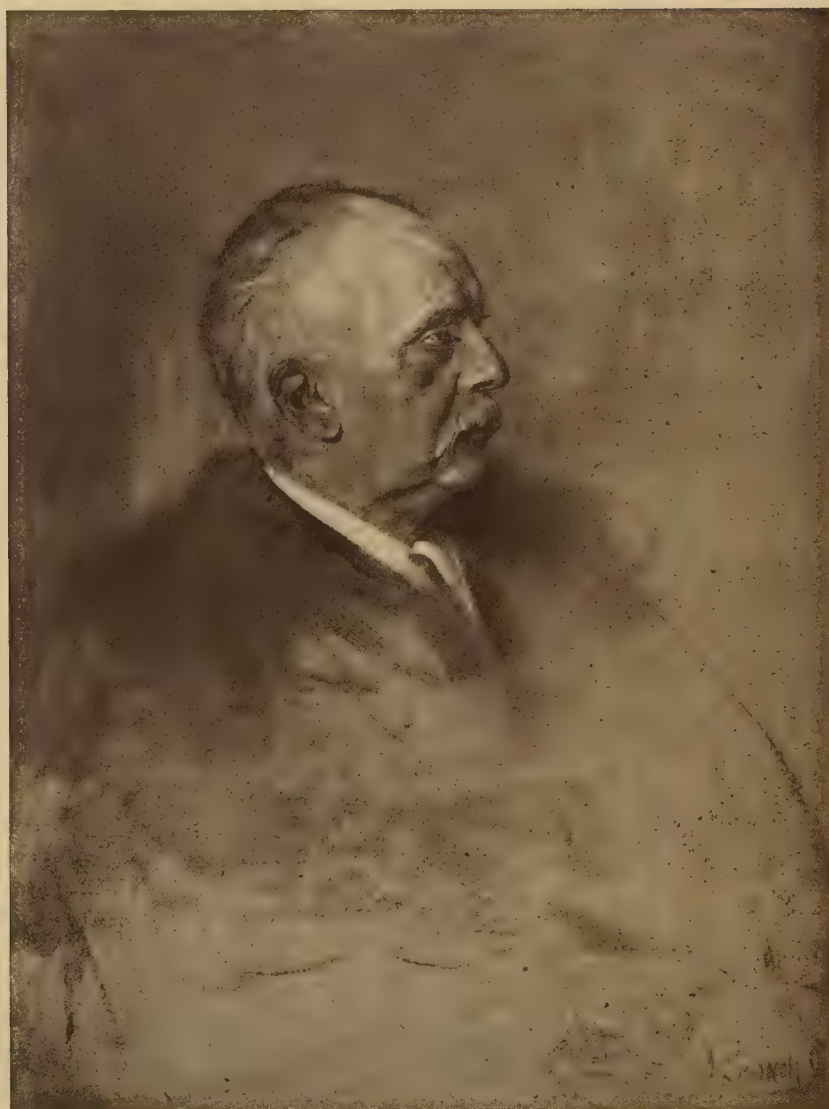
zur Hundertjahrfeier
seines Geburtstages

(IX, 175 S.)

Preis M. 45.—; gebunden M. 54.—

Inhalt:

	Seite
Über den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome	1
Erläuterungen	25
Über die Tatsachen, die der Geometrie zugrunde liegen	38
Erläuterungen	56
Zählen und Messen	70
Erläuterungen	98
Die Tatsachen in der Wahrnehmung	109
nebst zwei Beilagen	
I. Über die Lokalisation der Empfindungen innerer Organe	137
II. Der Raum kann transzendental sein, ohne daß es die Axiome sind	140
III. Die Anwendbarkeit der Axiome auf die physische Welt	142
Erläuterungen	153



H. Helmholtz

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

31. August 1921.

Heft 35.

DEM ANDENKEN

AN

HELMHOLTZ

ZUR JAHRHUNDERTFEIER
SEINES GEBURTSTAGES

Inhalt:

	Seite
Helmholtz als Physiolog. Von <i>Johannes von Kries, Freiburg i. B.</i>	673
Helmholtz als Physiker. Von <i>W. Wien, München</i>	694
Die elektrochemischen Arbeiten von Helmholtz. Von <i>W. Nernst, Berlin</i>	699
Helmholtz als Erkenntnistheoretiker. Von <i>A. Riehl, Berlin</i>	702
Helmholtz. Erinnerungen eines Laboratoriumspraktikanten. Von <i>E. Goldstein, Berlin</i>	708

Den Aufsatz über Helmholtz' Bedeutung für die Augenheilkunde, den *H. Erggelet (Jena)* zu schreiben übernommen hatte, hat die Schriftleitung nicht erhalten.

Helmholtz als Physiolog.

Von Johannes von Kries, Freiburg i. B.

Wenn man eines großen Forschers gedenkt, dem es vergönnt war, in der Geschichte der Wissenschaft lange erkennbare Spuren seines Geistes und seiner Arbeit zurückzulassen, so fühlt man sich wohl dankbar bewegt, daß die geheimnisvollen Kräfte der bildenden Natur sich in glücklicher Fügung zu der Hervorbringung einer Persönlichkeit von so außergewöhnlichen Eigenschaften vereinigten. Eine Empfindung dieser Art wird am 31. August d. J., dem Tage, an dem ein Jahrhundert vergangen ist, seit *Hermann Helmholtz* das Licht der Welt erblickte, Gelehrte von sehr verschiedener Interessen- und Arbeitsrichtung erfüllen: Ärzte und Physiologen, Mathematiker und Physiker, Psychologen und Philosophen. Die Physiologen haben Anlaß, daneben sogleich noch eines andern Umstandes zu gedenken, der von ihrem Standpunkt aus als eine besonders glückliche Fügung erscheint, der Tatsache nämlich, daß *Helmholtz*, durch mancherlei äußere Verhältnisse bestimmt, sich zuerst dem medizinischen Studium zuwandte und auf diesem Wege zur berufsmäßigen Beschäftigung mit der Physiologie geführt wurde. Freilich kann man mit einigem Grund vermuten, daß *Helmholtz* durch seine erkenntnistheoretischen Interessen unter allen Umständen dazu gelangt sein würde, sich in gewissem Umfang mit den Sinnesorganen zu befassen. Indessen hätten solche Studien, wenn er sich z. B. von Haus aus der Physik gewidmet hätte, sicherlich nicht den Umfang und die Bedeutung gewinnen können, die er als Physiolog ihnen zu geben veranlaßt war. Viele andere Teile der Biologie wären ihm vielleicht ganz fremd geblieben. — Gerade die Tatsache, daß *Helmholtz* durch natürliche Anlage und Neigung nicht gerade in erster Linie auf die biologischen Wissenschaften hingewiesen wurde, ist nun aber auch für die Art, wie er sich ihnen gegenüber stellte, für die Aufgaben, die er in Angriff nahm, für die Wege, die er zu ihrer Lösung einschlug, vorzugsweise bestimmend gewesen. Auch wenn wir, dem festlichen Anlaß dieses Aufsatzes entsprechend, uns zu vergegenwärtigen versuchen, was *Helmholtz* für die Physiologie bedeutet hat und noch bedeutet, wo wir auch in dem gegenwärtigen Inhalt und Betrieb unserer Wissenschaft seinen Erfolgen und Anregungen, seinem Geist und seinen Gedanken begegnen, können wir dabei an gewisse Besonderheiten seiner Veranlagung und seines Wesens anknüpfen. Das hervorstechendste und folgenreichste Merkmal dürfen wir ohne Zweifel darin erblicken, daß ihm eine *mathematische Veranlagung* ersten Ranges ge-

geben war. Denn abgesehen von ihrer ganz unmittelbaren Bedeutung verknüpft sich mit dieser wohl immer in naturgemäßem Zusammenhange auch eine ganz bestimmte Art, die Aufgaben des Naturerkenntnis aufzufassen und in Angriff zu nehmen. Sie bringt es mit sich, daß zahlenmäßig angebbare Verhältnisse als die wertvollsten Beobachtungserfolge erscheinen, daß überall nach Größenbestimmungen, nach Messungen gestrebt wird. Sie führt aber namentlich auch dazu, in der *mathematisch formulierbaren Gesetzmäßigkeit* ein Ideal des Verständnisses zu erblicken, das wir überall zu erstreben, das wir jedenfalls als letztes und höchstes Ziel im Auge zu behalten haben. — An zweiter Stelle möchte ich dem diejenigen Besonderheiten der Anlage anreihen, die *Helmholtz* zu *philosophischen* und *erkenntnistheoretischen* Studien führten. Denn zu den am meisten charakteristischen Seiten seines Wesens gehörte ja die, vor keiner Schranke Halt zu machen, mit höchster Penetrationskraft jedes Problem bis in seine letzten Konsequenzen, seine tiefsten Grundlagen zu verfolgen. Das führt aber von selbst dazu, auch die Fragen nach dem Wesen der Erkenntnis selbst, nach ihrer Bedeutung, ihrer Möglichkeit, ihren Bedingungen, in Angriff zu nehmen und hier eine endgültige Aufklärung zu versuchen.

Um die Bedeutung dieser ganzen Geistesrichtung für die Physiologie zu beurteilen, müssen wir einen Blick auf den Zustand richten, in dem diese Wissenschaft sich damals befand, als *Helmholtz*, fast noch ein Jüngling, mit selbständiger wissenschaftlicher Arbeit begann. Wir finden dann, daß die Physiologie damals auf dem Punkte war, sich von den Fesseln zu befreien, in die sie durch den Begriff der *Lebenskraft* geschlagen war. In der Tat bedeutete dieser Begriff, wenigstens so wie er überwiegend aufgefaßt und verwendet worden war, nicht etwa eine sachlich unzutreffende Auffassung der Lebenserscheinungen, sondern den Verzicht auf ein Verständnis derselben, auf ein Verständnis mindestens von gleicher Art, wie es bei der Beschäftigung mit der unbelebten Natur als selbstverständliches Ziel erstrebt wurde und in großem Umfange auch schon erreicht war. Es ist bemerkenswert, wie die Ablösung von dem Begriff der *Lebenskraft* in doppelter Weise stattfand. Sie geschah z. T. durch theoretische Erwägungen, die die Unzulänglichkeit und Unfruchtbarkeit jener älteren Betrachtungsweisen dartaten. Hierher ist z. B. *Lotzes* Artikel „Über Leben und Lebenskraft“ zu rechnen, den *Rudolf Wagner* damals einer systematischen Darstellung der Physiologie als Ein-

leitung und Grundlage voranzustellen für angezeigt hielt. — Gleichzeitig mit diesen allgemeinen Betrachtungen, ja z. T. sogar lange vor ihnen, vollzog sich aber die Befreiung von dem Begriffe der Lebenskraft in ganz anderer Form. Ganz unbekümmert um logische oder methodologische Erwägungen begann man, biologische Gegenstände in derjenigen Weise zu untersuchen, die aus den mit der unbelebten Natur befaßten Wissenschaften geläufig war. Man ging daran, ihre Erscheinungen mit der höchsten erreichbaren Genauigkeit zu beobachten; und es wurde dabei versucht, nicht nur überhaupt die in ihnen erkennbaren Gesetzmäßigkeiten aufzudecken, sondern geradezu auch sie den am Unbelebten bekannt gewordenen physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten einzuordnen. Erste Anfänge und Spuren solcher Bestrebungen lassen sich naturgemäß sehr weit zurückverfolgen. Als ein Beispiel von hervorragender Bedeutung sei hier nur an die Untersuchungen der *Gebirgsbildung* über den Blutstrom, über die Mechanik der Muskeln u. a. erinnert, Arbeiten, die wenigstens z. T. den ersten wissenschaftlichen Betätigungen von *Helmholtz* zeitlich noch vorausgingen. — Was diesen selbst angeht, so werden wir nicht bezweifeln dürfen, daß er sich auch im allgemeinen und methodologischen Sinne mit dem Begriff der Lebenskraft beschäftigt hat. In seinen literarischen Erzeugnissen tritt dies allerdings nur wenig hervor. Aber schon nach seiner ganzen Geistesrichtung kann es als selbstverständlich gelten. Dazu kommt, daß der damalige Berliner Freundeskreis, *Helmholtz*, *du Bois-Reymond* und *Brücke* sich in dieser Hinsicht in einem gewissen Gegensatz zu ihrem Lehrer *Joh. Müller* befanden, der auf dem Boden alter Überlieferung blieb und daran festhielt, in den Kräften des Lebens etwas durchaus Eigenartiges und Unvergleichbares zu erblicken. So konnte es gewiß nicht fehlen, daß diese Fragen vielfach auch im allgemeinsten Sinne erörtert wurden. Und so durfte *du Bois-Reymond* in seiner Ansprache bei der Feier am 2. November 1891 den Jugendfreund an die Zeit erinnern, „als wir aus der Physiologie die Lebenskraft verscheuchten“.

Wie dem aber auch sein mag, sicher ist jedenfalls, daß *Helmholtz* sogleich auch den zweiten der vorhin erwähnten Wege einschlug und ohne weiteres an den Versuch ging, die Lebenserscheinungen allgemeinen physikalischen oder chemischen Gesetzen unterzuordnen und so ein erschöpfendes Verständnis derselben zu gewinnen oder wenigstens vorzubereiten. Der bedeutungsvollste Schritt in dieser Richtung geschah im unmittelbaren Anschluß an diejenigen Untersuchungen, die, zuerst wesentlich physikalisch orientiert, gerade durch ihre ganz universelle Ausdehnung von höchster Bedeutung geworden sind, die Untersuchungen über das *Energieprinzip*. In der Abhandlung „Über die Erhaltung der Kraft“ zog *Helmholtz*

auch die Lebenserscheinungen in den Kreis der Betrachtung. Schon in einer früheren Arbeit, dem Artikel „Wärme physiologisch“ in dem Enzyklopädischen Handwörterbuch der medizinischen Wissenschaften 1845, hatte er einige Punkte aufgeklärt, in denen sich die Wärmeerscheinungen des tierischen Organismus auffällig zu verhalten schienen, und damit Hindernisse aus dem Wege geräumt, die sich der Anwendung des Prinzips auf die Lebenserscheinungen zunächst entgegengestellt hatten. Er zeigte nun allgemein, daß keinerlei Erscheinungen bekannt sind, die es ausschließen oder auch nur unwahrscheinlich machen, daß auch die Lebenserscheinungen sich dem Gesetz einfügten. Er legte aber auch zugleich den ganzen Energiehaushalt des tierischen Organismus in seinen Grundlinien dar. Er wies die dem Organismus regelmäßig zugeführte Energie in den chemischen Spannkraften nach, die durch die Aufnahme von verbrennlichen Körpern und Sauerstoff gegeben sind, er veranschlagte die einzelnen Posten der Energieverluste. Und so wurde damals für alles, was wir jetzt die energetische Betrachtung des tierischen Haushalts nennen, der Grund gelegt. In welchem Maße sich die Physiologie hier in Bahnen bewegt, die uns durch *Helmholtz*, sei es erstmals eröffnet, sei es gangbar gemacht worden sind, bedarf keiner Ausführung. Ist ja gegenwärtig bei jeder Erwägung, ob eine Nahrung genügend oder unzulänglich ist, ihr energetischer oder kalorischer Wert das, wonach in erster Linie gefragt wird.

Ein besonderes Interesse knüpfte sich in diesem Zusammenhange an diejenigen Energieabgaben des Organismus, die in der Form mechanischer Arbeitsleistung stattfinden. Sie mußten einerseits bei der Energiebilanz des ganzen Organismus mit in Betracht gezogen werden. Andererseits ergaben sich daraus aber auch bestimmte Probleme für die hier in erster Linie beteiligten Organe, die Muskeln. Daß der isolierte Kaltblütermuskel beträchtliche Mengen von mechanischer Arbeit zu leisten vermag, war lange bekannt. Nach dem Energieprinzip durfte man erwarten, daß er das nur auf Kosten chemischer Spannkraften zu tun vermag, und demgemäß mit der Arbeitsleistung eine chemische Veränderung des Muskels verknüpft sein muß. Es gelang *Helmholtz* schon bald nach den grundlegenden Untersuchungen über das Energieprinzip diese Folgerung zu bestätigen, freilich nur in der noch sehr unbestimmten Form, daß bei längerer Tätigkeit der Gehalt des Muskels an wasserlöslichen Substanzen abnimmt, während die in Alkohol löslichen Körper eine Vermehrung erfahren. Wir werden auf diese Verhältnisse unten nochmals zurückzukommen haben.

An die ganze Art, wie *Helmholtz* hier die biologischen Verhältnisse betrachtete, knüpfen sich noch manche weitere Erwägungen, die von

allgemeinerer Bedeutung sind und hierher gehören. Die Einordnung der Lebensvorgänge unter das Energieprinzip bedeutete, wie schon erwähnt, auch wenn sie zunächst nur den Charakter eines Versuchs hatte, jedenfalls den entschiedensten Bruch mit dem älteren, eine streng wissenschaftliche Forschung überhaupt ausschließenden Gebrauch des Begriffes der Lebenskraft. In dieser Hinsicht ist ja nun auch das Verfahren, das schon vor *Helmholtz* die *Gebr. Weber* u. a. einschlugen, dem sich *Helmholtz* selbst und mit ihm gleichzeitig *Ludwig*, *du Bois-Reymond*, *Brücke* u. a. zuwandten, für alle Zeiten vorbildlich geworden. Man hat seitdem nicht mehr daran gedacht und wird sicherlich niemals wieder daran denken, sich mit der Auskunft, irgendwelche Vorgänge seien durch die Lebenskraft beherrscht und geordnet, als einer endgültigen und genügenden zu bescheiden. Allein diese Auffassung von der dem Biologen obliegenden Aufgabe verlangt doch nicht ohne weiteres, daß die Lebenserscheinungen sich den im Unbelebten bemerkbaren physikalischen und chemischen Gesetzen direkt einordnen lassen. Sie schließt nicht aus, daß in den Lebenserscheinungen Kräfte und Gesetze besonderer Art zur Erscheinung kommen. Eine solche Anschauung, als *neovitalistische* bezeichnet, ist denn tatsächlich auch später in großem Umfange und von beachtenswerter Seite vertreten worden. Sie konnte sich darauf stützen, daß der Versuch, die Vorgänge der belebten Natur auf physikalische oder chemische Gesetze zurückzuführen, wenigstens bei einem gewissen engeren Kreise von Lebenserscheinungen (der Zusammenziehung des Muskels, der Absonderung der Drüsen u. a.) immer wieder gescheitert war. Sie konnte sich aber mit Recht auch darauf berufen, daß sich aus methodischen Gründen oder wissenschaftlichen Prinzipien eine zwingende Notwendigkeit für jene Forderung nicht herleiten ließ. Sind wir doch auch gewohnt, die Vorgänge der *unbelebten* Natur in physikalische und chemische zu sondern. Und bestehen zwischen beiden auch enge Zusammenhänge, so ist es doch fraglich, ob beide in eine ganz allgemeine Formel zusammengefaßt werden können. Wenn wir die Aussicht, daß die an belebten und unbelebten Gebilden zu beobachtenden Erscheinungen den nämlichen, in einer einheitlichen Formulierung darstellbaren Gesetzen einzuordnen sind, als eine *mechanistische* Auffassung des Lebens bezeichnen, so konnte mit Recht betont werden, daß diese jedenfalls nicht ohne weiteres als die alleinberechtigte und zulässige in Anspruch genommen werden kann. Dem entspricht die Tatsache, daß noch jetzt von vielen Seiten die Unfruchtbarkeit einer mechanistischen Auffassung des Lebens behauptet und die Meinung vertreten wird, daß das von ihr verfolgte Ziel niemals zu erreichen sein werde. Allerdings, auch die Beurteilung dieser Frage hat das wellenartige Hin und

Her gezeigt, das die Geschichte der Wissenschaften so häufig erkennen läßt. Und die Hoffnung, die Lebenserscheinungen direkt den für unbelebte Gebilde gültigen Gesetzen einzuordnen, hat in jüngster Zeit wieder einen mächtigen Anstoß erhalten durch das Studium der eigenartigen Erscheinungen der Kolloidchemie, die dem Grenzgebiete von Physik und Chemie angehören. Allein ob und wie weit diese Hoffnungen sich verwirklichen werden, steht doch noch dahin.

Erwägt man nun, welche Stellung *Helmholtz* in bezug auf diese Fragen einnahm, so kann man ohne Zweifel in gewissem Sinne sagen, daß er sich von vornherein auf den mechanistischen Standpunkt stellte. Er tat das schon insofern, als er gerade im Energieprinzip ein ganz allgemeines, belebte und unbelebte Natur gleichermaßen umfassendes Gesetz erblickte, nicht minder indem er auch weiter daran ging (es ist darauf sogleich des genaueren einzugehen), eine Anzahl einzelner Lebenserscheinungen nach physikalischen Methoden zu untersuchen und in physikalischem Sinne zu deuten. Indessen, wenn wir fragen, ob er mit unbedingter Entschiedenheit auf dem Standpunkt mechanistischer Lebensauffassung gestanden habe, so können wir das doch wohl nur mit einer gewissen Einschränkung bejahen. Daß sich die in den Lebenserscheinungen ausgedrückten und die im Unbelebten erkennbaren Gesetze in eine einheitliche Formel zusammenziehen lassen, das hat er niemals mit dogmatischer Bestimmtheit behauptet. Allerdings, von der universalen Gültigkeit des Energiegesetzes war er gewiß so fest überzeugt, wie man von einer naturwissenschaftlichen Tatsache überzeugt sein kann. Aber schon die Frage, ob es nicht vielleicht Energieformen gibt, die nicht in Bewegung oder Anordnung der im Raum beweglichen Körper bestehen, würde er wohl nicht unbedingt verneint, den Gedanken, daß es sich so verhalten könnte, würde er wohl kaum als unangänglich abgewiesen haben. Er würde es aber als ein Gebot vernünftiger wissenschaftlicher Forschung erklärt haben, eine solche Annahme nur dann heranzuziehen, wenn die Tatsachen unbedingt dazu nötigen, aber von ihr abzusehen, solange das irgend angänglich erscheint. Diesem Grundsatz, zunächst von möglichst einfachen Voraussetzungen auszugehen und zu sehen, „wie weit man damit kommt“, begegnen wir in der *Helmholtz*schen Forschung noch mehrfach; und man muß ihn wohl im Auge behalten, um die Art, wie er sich manchen Anschauungen gegenüber stellte, richtig zu verstehen. Es ist das ein im allgemeinen gewiß sehr richtiges, aber doch auch nicht ganz unbedenkliches Prinzip. Denn ohne Zweifel bringt es eine gewisse Gefahr mit sich, neuen oder veränderten Annahmen erst dann Raum zu geben, wenn die Tatsachen unabweisbar dazu zwingen, sich ihnen aber mit einer gewissen Hartnäckigkeit zu verschließen, auch wenn starke Wahrscheinlichkeitsgründe für sie sprechen, eine

Gefahr, der *Helmholtz* selbst nicht ganz entgangen ist.

Abgesehen von den ganz allgemeinen, an das Energieprinzip sich anschließenden Gedanken bot die Physiologie dem jugendlichen Forscher eine Fülle einzelner Aufgaben von der Art, die ihn seiner Anlage und Interessenrichtung gemäß auf das lebhafteste anziehen mußte. Vor allem waren es die *Bewegungsorgane*, Muskel und motorischer Nerv, die mit ihren genau meßbaren und zeitlich präzisierten Erscheinungen der physikalischen Untersuchung Angriffspunkte boten, und denen *Helmholtz* sich denn auch sogleich zuwandte. Durch die Messung derjenigen *Geschwindigkeit*, mit der sich der *Erregungsvorgang im motorischen Nerven* fortpflanzt, errang *Helmholtz* alsbald einen Erfolg von weittragender Bedeutung. Man hatte bis dahin wohl allgemein geglaubt (noch kurz zuvor hatte *Joh. Müller* diese Meinung ausdrücklich ausgesprochen), daß diese Geschwindigkeit von einer alle Vorstellungen übertreffenden, jeden Versuch einer Messung ausschließenden Größe sei. Es stellte sich heraus, daß das keineswegs der Fall ist, daß sie, mit einem Betrage von gegen 30 m/sek., nicht nur hinter dem größten, in der Physik bekannten Werte von ähnlicher Bedeutung, der Geschwindigkeit des Lichts, sondern sogar hinter derjenigen des Schalls noch weit zurückbleibt. Ohne Zweifel trug dies nicht wenig dazu bei, den Vorgang in den Nerven, das „Nervenprinzip“ jenes Nimbus des Geheimnisvollen, Unerklärbaren, der Forschung Unzugänglichen zu entkleiden, der ihm bis dahin eigen gewesen war.

Nicht minder bot der *Muskel* selbst dem physikalisch gerichteten Forscher ein ebenso ausgiebiges, wie anziehendes Feld der Untersuchung. Es fehlte gerade auf diesem Gebiete keineswegs an wertvollen Vorarbeiten. Man verfügte namentlich über Hilfsmittel, um den Muskel in denjenigen Zustand zu versetzen, den wir jetzt einen maximalen Tetanus nennen, und der damals schlechtweg als der „tätige Zustand“ bezeichnet und dem „ruhenden Zustand“ gegenübergestellt wurde. Der Untersuchung waren indessen durch Beschränkung auf diese entgegengesetzten Extreme enge Grenzen gezogen, und es waren namentlich dadurch, daß sie sich nur auf Dauerzustände erstreckte, die wichtigsten und interessantesten Erscheinungen, nämlich alle schnell und doch in bestimmtem Zeitmaß ablaufenden Veränderungen ausgeschaltet. Nicht ohne guten Grund! Es fehlte an den technischen Hilfsmitteln, um diese Vorgänge zu verfolgen und in ihren Einzelheiten zu beobachten. Eben dieses Gebiet nahm *Helmholtz* in Angriff. Der Muskel führt, durch einen einmaligen Reizanstöß von verschwindend kleiner Dauer in Tätigkeit gebracht, eine *Zuckung* aus, d. h. eine Formveränderung, die eine zwar auch nur geringe, aber die Dauer des Reizes weit übertreffende Zeit in Anspruch nimmt, und deren

Verlauf offenbar durch die allgemeine Natur und den jeweiligen Zustand des Muskels fest bestimmt ist. Sie kann überdies je nach den mechanischen Bedingungen, unter denen der Muskel sich befindet, in verschiedener Form zur Erscheinung kommen. Unter den gewöhnlich gegebenen Bedingungen besteht sie darin, daß der Muskel sich in der Richtung seines Faserverlaufes *verkürzt*; ist eine solche Verkürzung verhindert, so wird sie in der *Spannung*, dem Zug bemerkbar, den der Muskel auf seine Befestigungspunkte ausübt. Es gelang *Helmholtz* nicht nur die leichter zu beobachtenden Längenveränderungen, sondern mit Hilfe des sinnreichen „Überlastungsverfahrens“ auch die Spannungsänderungen in ihrem zeitlichen Verlauf zu verfolgen. — Aber auch von der Art der ihn treffenden Antriebe ist die Tätigkeit des Muskels abhängig, und hier bot sich der Untersuchung ein nicht minder reiches Feld. Namentlich waren auch die Tätigkeitsformen zu untersuchen, die durch mehr als einen, zunächst *zwei* schnell aufeinander folgende Reize erhalten werden. Es ergab sich hier die grundlegende Tatsache, daß der Muskel schon während der durch einen ersten Reiz ausgelösten Zuckung für einen zweiten bereits wieder empfänglich ist. Lassen wir daher den zweiten Reiz in einem passenden kleinen Zeitraum nach dem ersten einwirken, so fügen sich die Erfolge des ersten und des zweiten Reizes zusammen, wir erhalten eine „*summierte Zuckung*“. Lassen wir aber eine große Zahl von Reizen in einem passend kleinen Zeitintervall einwirken, so erhalten wir einen mehr oder weniger vollkommenen „*Tetanus*“, d. h. eine Zusammenziehung von einem gewissen durchschnittlichen Betrage, deren Grad aber in periodischem Wechsel schwankt, so zwar, daß jeder Reiz eine vorübergehende Zunahme der Kontraktionshöhe bewirkt. Hiermit sind die grundlegenden Tatsachen für die Tätigkeit des Skelettmuskels gewonnen. Die Begriffe der einfachen und summierten Zuckung, des vollkommenen und unvollkommenen Tetanus sind denn auch diejenigen, in denen sich noch heute die Physiologie des Skelettmuskels vorzugsweise bewegt. Überall stehen wir hier auf dem Boden der von *Helmholtz* gefundenen Tatsachen, bedienen uns seiner Begriffe und bewegen uns in seinen Gedankengängen.

Natürlich ist das nicht so zu verstehen, als ob wir über das seinerzeit von *Helmholtz* Erreichte überhaupt nicht hinausgekommen wären. Wir finden vielmehr auch hier den Sachverhalt, dem wir noch vielfach begegnen werden, daß die von ihm gefundenen Tatsachen und entwickelten Anschauungen Anlaß und Ausgangspunkt für die weiteren Forschungen gegeben haben, die die Physiologen lange Zeit beschäftigt haben und vielleicht noch für lange Zeit beschäftigen werden. Eine Tatsache von grundlegender Bedeutung ist es, daß die „Zuckung“ des Muskels auf einen festen zeit-

lichen Typus eingestellt ist. Wenn der Skelettmuskel von einem momentanen Reizanstoß getroffen wird, so spielt sich in ihm ein ganz bestimmter Zyklus von Vorgängen ab, die sich zwangsläufig aneinanderschließen. Es ergibt sich daraus die Aufgabe, diese Vorgänge im einzelnen kennen zu lernen und ihren Zusammenhang zu verstehen. Diese Aufgabe ist um so wichtiger, als wir auch Fälle kennen, in denen dieser Zusammenhang nicht oder nicht in der gleichen Weise gegeben ist. Im letzten Jahrzehnt sind mit besonderem Interesse die Fälle verfolgt worden, in denen, wie es scheint, Zustände der Zusammenziehung oder der Anspannung sich ohne beständig wiederholte Reizanstöße dauernd erhalten können, weil sich der Rückgang in den erschlafften Zustand nicht in der beim Skelettmuskel gegebenen Weise an die Tätigkeit anschließt. Für viele Muskeln von wirbellosen und für die sogen. glatte Muskulatur der Wirbeltiere scheint dies zuzutreffen. Aber es wird neuerdings auch daran gedacht, daß der Skelettmuskel der Wirbeltiere selbst neben seiner in der Hauptsache bekannten und untersuchten Tätigkeitsweise zu solchen Zuständen befähigt sei. Allgemein wird hier von einem *Tonus* gesprochen, welcher physiologische Begriff allerdings weiterer Klärung und Präzisierung noch sehr bedürftig ist. Jedenfalls aber eröffnet sich hiermit der Blick auf die Möglichkeit anderer Tätigkeitsweisen, anderer Zustandsänderungen des Muskels, als sie früher in Betracht gezogen wurden. Gehen wir hiermit über die Anschauungen von *Helmholtz* hinaus, so bilden diese doch immer wieder die Grundlage der Betrachtung. Gerade im Verhältnis zur Zuckung, als Abweichung von ihr, als Modifikation des ihr eigenen Ablaufs und Aeinanderschlusses der Vorgänge müssen wir etwaige andere Tätigkeitsformen klarzustellen versuchen. — Auch der energetischen Verhältnisse der Muskeltätigkeit ist hier noch kurz zu gedenken. Wie vorhin schon berührt, hatte *Helmholtz* in Bestätigung des Energieprinzips gezeigt, daß der Muskel bei seiner Tätigkeit eine chemische Veränderung erfährt, daß er seine Arbeit auf Kosten chemischer Spannkraft leistet. Auch mit dieser allgemeinen Einsicht war die Forschung vor weitere, ebenso wichtige wie umfangreiche Aufgaben gestellt. Denn es fragte sich vor allem, von welcher Art jene, die Arbeitsleistung ermöglichenden chemischen Vorgänge sind. Hierüber hatte die *Helmholtz*sche Untersuchung zunächst nur einen sehr unbestimmten Aufschluß gegeben. Aus allgemeinen Gründen ließ sich auch nur schließen, daß es sich um irgendwelche Verbrennungsvorgänge handeln werde. Sodann erhob sich auch die wichtige Frage nach dem „ökonomischen Quotienten“ der Muskeltätigkeit, die Frage, welcher Bruchteil der aufgewandten chemischen Energie in der Form von sichtbarer mechanischer Arbeitsleistung erhalten werden kann. Beiden Fragen ist eine An-

zahl von Jahrzehnten hindurch eine Fülle von Forschungsarbeit gewidmet worden. Es kann jetzt als sicher gelten, daß die Kraftquelle des Muskels in erster Linie in seinen Kohlehydraten, speziell dem Glykogen, zu suchen ist, und daß der ökonomische Quotient sich in günstigen Fällen etwa dem Werte 0,3 nähert. Ob aber unsere gegenwärtigen Anschauungen wirklich abschließend und erschöpfend sind, muß in beiden Hinsichten noch als zweifelhaft bezeichnet werden.

Wir dürfen *Helmholtz*' Untersuchungen über die Bewegungsorgane nicht verlassen, ohne auf einen Punkt hinzuweisen, der uns hier besonders eindrucksvoll entgegentritt, übrigens von allgemeinerer Bedeutung ist. Um die z. T. sehr schwierigen Untersuchungen mit Erfolg durchzuführen, bedurfte es neben einem vollen Maß physikalischer Kenntnisse noch eines großen experimentellen Geschicks. Es kam dies ganz besonders auch in der Konstruktion derjenigen *Instrumente* zur Geltung, die geeignet waren, den Beobachtungen und Messungen den erforderlichen Grad von Genauigkeit zu geben. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Erregungsvorgangs im Nerven zu messen gelang zuerst mittels der damals in der Physik schon bekannten *Pouillet*-schen Methode der Zeitmessung. Als bald aber ging *Helmholtz* daran, die *aufzeichnende Methode* zu einem solchen Grade der Vollkommenheit und Genauigkeit auszubilden, daß sie für diese Messungen, zugleich aber auch für die Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Vorgänge im Muskel geeignet war. Das zu diesem Zweck konstruierte „*Myographion*“ erscheint uns auch jetzt noch als ein Präzisionsinstrument von höchster Vollendung. Aus der gebräuchlichen physiologischen Technik ist es so ziemlich wieder verschwunden, seit es *Helmholtz* selbst und andern gelang, den vorzugsweise wichtigen Erfolg, eine Bewegung der Schreibfläche mit genau präziser Geschwindigkeit auf andere einfachere Weisen zu erreichen. Aber was an Scharfsinn und Mühe auf seine Herstellung verwendet worden war, wird man nicht als verloren erachten dürfen. Denn die Zeit, in der es entstand, war ja für die Physiologie gerade dadurch bedeutungsvoll, daß man anfang, sich mit Aufgaben zu beschäftigen, die an die Methodik höchste Anforderungen stellten, daß die Physiologie demgemäß mit weit vollkommeneren Hilfsmitteln als zuvor zu arbeiten und eine verfeinerte Methodik für ihre eigenen Zwecke auszubilden begann. An dieser Entwicklung waren außer *Helmholtz* zahlreiche Forscher, vor allem *Ludwig*, *du Bois-Reymond*, *Brücke*, beteiligt. Der ganze Experimentalbetrieb der Physiologie erfuhr dadurch eine ebenso tiefgreifende wie folgenreiche Wandlung. Und so dürfen wir die Konstruktion jedes ausgezeichneten Werkzeugs als einen Schritt auf diesem für die Physiologie so bedeutungsvollen Wege betrachten, auch wenn sein Gebrauch nur ein vorübergehender war.

Ein noch ausgiebigeres, wohl auch noch an-

ziehenderes Feld physiologischer Untersuchung bot sich *Helmholtz* in der Einrichtung und Funktion der *Sinneswerkzeuge*. Die beiden großen Werke, die *Physiologische Optik* und die Lehre von den *Tonempfindungen*, bekunden in anschaulicher Weise, welches Maß von Arbeit *Helmholtz* den beiden höheren Sinnen gewidmet hat. — Da nicht daran zu zweifeln war, daß die Lichtbewegungen im Auge, ebenso die durch Schall hervorgerufenen Schwingungen im Gehörorgan den auch in der unbelagerten Natur erkennbaren und großenteils bekannten physikalischen Gesetzen entsprechen, so ergab sich auch hier zunächst eine Reihe von Aufgaben, die von wesentlich physikalischer Art und mit physikalischen Methoden in Angriff zu nehmen waren. Allein die besondere Gestaltung der Lichtbrechung und der mechanischen Mitbewegung in den Sinneswerkzeugen führte naturgemäß sogleich auch auf Untersuchungen physiologischer, z. T. anatomischer Natur. Nicht minder waren aber auch schließlich psychologische Tatsachen in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Denn schon die wesentliche und einfachste Funktion der Sinneswerkzeuge, das Empfinden, ist ja ein psychologisches, nicht durch objektive, sondern durch Selbstbeobachtung festzustellendes Geschehen. Dazu aber kommen eine Anzahl weiterer Eigentümlichkeiten, die in noch speziellerer Weise auf psychologische Fragestellungen führen. So greifen denn in der Untersuchung der höheren Sinne physikalische, physiologische und psychologische Fragestellungen und Methoden ineinander. Gewiß beruhte hierauf der besondere Reiz, den dieses ganze Gebiet für *Helmholtz* besaß. Andererseits sind aber auch seine sinnesphysiologischen Untersuchungen für seine spätere Beschäftigung mit erkenntnistheoretischen Problemen sicherlich von Bedeutung geworden. Haben sie zwar schwerlich den alleinigen Anstoß dazu gegeben, so haben sie doch ohne Zweifel einen bedeutenden und richtunggebenden Einfluß auf sie ausgeübt.

Wenn, wie gesagt, die Untersuchung der Sinneswerkzeuge uns vor Aufgaben stellt, die teils physikalischer, teils physiologischer Natur sind, großenteils auch in das Gebiet der Seelenlehre übergreifen, so sind doch die einzelnen Teile, in die sich die Untersuchung naturgemäß gliedert, darin verschieden, daß hier die einen, dort die andern Aufgaben und Methoden in den Vordergrund treten. Wenden wir uns zunächst dem Gesichtssinn zu, so hält sich der erste Teil der physiologischen Optik, die Lehre von der *Dioptrik des Auges*, am meisten im Rahmen einer rein physikalischen Untersuchung. *Helmholtz* konnte hier an die berühmten Arbeiten von *Gauß* anknüpfen, fand allerdings Anlaß, diese schon in rein mathematischem Sinne etwas umzugestalten und weiterzuführen. Es bestimmte sich hierdurch vor allem, welche Aufgaben der physikalischen Untersuchung des Auges zweckmäßig zu stellen

waren. Und zwar ergab sich als notwendig, die Brechungsexponenten aller vom Licht durchlaufenen durchsichtigen Körper zu ermitteln, sodann Form und Lage derjenigen Trennungsoberflächen, in denen diese verschiedenen Mittelungen empfinden es sich dann, die „*Kardinalpunkte*“ zu berechnen, da deren Kenntnis genügt, um die speziellen, in jedem Einzelfalle interessierenden Fragen verhältnismäßig leicht zu beantworten. Auch in dieser Richtung fand *Helmholtz* wertvolle Arbeiten schon vor. Aber er gab doch den Untersuchungen eine so viel größere Genauigkeit und Vollständigkeit, daß alles Frühere durch sie gänzlich in den Schatten gestellt wurde und nur noch historisches Interesse behielt. Ermöglicht wurde auch dies zum Teil durch die Konstruktion besonderer Instrumente, von denen hier das *Ophthalmometer* Erwähnung finden soll. Schon *Kohlrusch* und *Senff* hatten versucht, die Krümmung der vorderen Hornhautfläche aus der Größe des Spiegelbildes zu berechnen, das diese von einem Gegenstande bekannter Größe und Entfernung entwirft. Da aber dieses Bild als ein virtuelles, hinter der Hornhaut gelegenes, die Anlegung eines Maßstabes nicht gestattet, so stößt die Messung auf Schwierigkeiten. Das *Ophthalmometer* gestattet, solche virtuelle Bilder in einem rein optischen Verfahren mit großer Genauigkeit zu messen. Es hat sich denn auch (z. T. allerdings in abgeänderten Konstruktionen) als ein überaus wertvolles Instrument für verschiedenste Zwecke bewährt; vor allem ist es in der Praxis der Augenärzte für die Bestimmung der Hornhautformen ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden. Damals wurde mit seiner Hilfe nicht allein der Wert der Krümmungsradien an einer Anzahl menschlicher Augen festgestellt, sondern namentlich auch die teils ganz regelmäßig vorhandenen, teils wenigstens häufig vorkommenden Abweichungen von der Kugelform quantitativ festgestellt. — Einen Gegenstand von besonderer Schwierigkeit bildeten die dioptrischen Verhältnisse der *Kristalllinse*. Sie sind dadurch kompliziert, daß die Linse nicht homogen ist, sondern der Brechungsexponent von der Oberfläche gegen den Kern hin stetig wächst. Um die Brechungserfolge zu beurteilen, ist es daher notwendig, nicht nur diese verschiedenen Brechungsexponenten zu kennen, sondern auch die genauere Art, wie der Brechungsexponent von der Oberfläche gegen den Kern hin zunimmt, namentlich die Gestalt der sogen. Niveaulinien. Es ist auch *Helmholtz* nicht gelungen, diese Aufgabe in ganz erschöpfender Weise zu lösen. Er mußte sich begnügen, gewisse allgemeine, allerdings bedeutungsvolle Feststellungen über die Dioptrik der Kristalllinse zu machen. Es lag dies vorzugsweise daran, daß er keine Hilfsmittel besaß, um die Brechungsexponenten von Körpern zu bestimmen, die nur in ganz geringen Mengen zur Verfügung stehen.

Diese Lücke der Technik ist später durch die Konstruktion des *Mikrorefraktometers* ausgefüllt worden. Auch ist die Dioptrik geschichteter Linsen durch die theoretischen Untersuchungen verschiedener Autoren (*Matthiessen*, *Hermann* und besonders *Gullstrand*) sehr gefördert worden. Gleichwohl kann der überaus verwickelte Gegenstand, der der messenden Untersuchung wie der mathematischen Theorie gleich große Schwierigkeit bietet, auch gegenwärtig noch keineswegs als erledigt oder restlos geklärt gelten.

Wenn die Dioptrik des Auges sich, wie erwähnt, in der Hauptsache als eine Reihe von Untersuchungen physikalischer Natur darstellt, so fehlt es doch auch hier nicht an biologischen Problemen. Sie ergeben sich daraus, daß das optische Instrument zugleich ein belebtes und veränderliches, bewegungsfähiges Gebilde ist. Der wichtigste hierhergehörige Vorgang ist die *Akkommodation* des Auges, seine Einstellung auf die größere oder geringere Entfernung des zu sehenden Gegenstandes. Daß das Auge eine solche Akkommodation besitzt, ist leicht festzustellen und war seit langer Zeit bekannt. Daß sie auf einer Formänderung der Linse beruht, entdeckte *Helmholtz* unabhängig, nachdem kurz zuvor auch der holländische Augenarzt *Cramer* die gleiche Beobachtung gemacht hatte. Während diese Tatsache durch eine verhältnismäßig einfache Beobachtung erwiesen werden kann (die an den Begrenzungsflächen der Linse gespiegelten Bildchen eines hellen Gegenstandes ändern bei wechselnder Akkommodation ihre Größe), ist es viel schwieriger, die mechanischen Einrichtungen aufzuklären, durch die jene Formänderungen bewirkt werden. *Helmholtz* gelangte in dieser Hinsicht zu einer etwas verwickelten Vorstellung, ohne für sie einen ganz entscheidenden Beweis erbringen zu können. Der Akkommodationsmechanismus ist denn auch in späterer Zeit Gegenstand ausgedehnter Untersuchungen gewesen und z. B. von *Tscherning* in einem von der *Helmholtz*schen Auffassung ganz abweichenden Sinne gedeutet worden. Die späteren Untersuchungen von Herrn *Heß* sind dagegen in Übereinstimmung mit der *Helmholtz*schen Akkommodationstheorie ausgefallen, und die Frage wird gegenwärtig wohl allgemein als in diesem Sinne entschieden betrachtet.

Hier ist auch der Ort, diejenige Erfindung zu erwähnen, durch die *Helmholtz* mehr als durch irgend etwas anderes frühe und ausgebreitete Berühmtheit gewann, den *Augenspiegel*. Wie folgenreich es ist, daß wir den Augenhintergrund nicht wesentlich anders als irgendein Stück der äußeren Hautbedeckung zu beobachten vermögen, wie vielfach nicht nur Erkrankungen des Sehorgans selbst, sondern auch Zustände des Gehirns und des ganzen Organismus im ophthalmoskopischen Bilde erkennbar werden, wie sehr daher der Augenspiegel zum alltäglichen ärztlichen Rüstzeug gehört, all das ist so bekannt, daß sich jede speziellere Ausführung

erübrigt. Erwähnt sei aber, daß die *Helmholtz*sche Erfindung auch hier den Ausgangspunkt für weitere, Jahrzehnte hindurch fortgesetzte Bemühungen gegeben und den konstruktiven Erfindergeist von Physiologen und Augenärzten beschäftigt hat. In der Tat waren mit der *Helmholtz*schen Erfindung die beiden Probleme, um die es sich handelt, das im engeren Sinne *dioptrische* und das schwierigere der *Beleuchtung*, zwar im Prinzip gelöst. Immerhin war damit auf einem weiten Wege zwar der entscheidende, aber doch nur der erste Schritt getan. So galt es schon, das Verfahren so bequem und handlich wie nur möglich auszugestalten, aber auch ihm eine genügende Anpassungsfähigkeit an die jeweiligen Bedürfnisse in bezug auf Umfang des Gesichtsfeldes und Vergrößerung zu geben. Es galt weiter, eine Anzahl von Schwierigkeiten und Störungen tunlichst zu beseitigen, wie z. B. die sehr lästigen Reflexbilder der Lichtquelle. Es galt endlich auch, das Verfahren für mancherlei besondere Zwecke, wie Demonstration, photographische Aufnahme u. dgl., einzurichten. Von *Ruetes* glücklicher Einführung des durchbohrten Spiegels, die der ersten Erfindung alsbald nachfolgte, bis auf Herrn *Thorners* sinnreiche Konstruktionen, die der neuesten Zeit angehören, hat daher die Augenspiegelmethode eine fortschreitende Ausbildung erfahren, in der sich glückliche Erfindung und theoretische Durcharbeitung der physikalischen Verhältnisse gleichermaßen betätigt haben.

Auch derjenige Teil der physiologischen Optik, den *Helmholtz* als die Lehre von den *Gesichtsempfindungen* bezeichnete, verlangte zunächst noch eine Reihe physikalischer Untersuchungen. Die in diesem Teil zu behandelnde Aufgabe kann ganz allgemein etwa dahin angegeben werden (es entspricht das namentlich auch der Auffassung von *Helmholtz*), daß zu ermitteln ist, *wie die erzeugten Empfindungen von der Art der das Sinneswerkzeug treffenden Reize abhängen*. In dieser Hinsicht war eine Anzahl grundlegender Tatsachen schon von *Newton* festgestellt; namentlich aber war der ganze sehr eigenartige Zusammenhang, der hier besteht, durch *Grassmann* auf relativ einfache Regeln gebracht worden, die in der Regel kurz als die „*Gesetze der Lichtmischung*“ bezeichnet werden. Die erfahrungsmäßige Begründung dieser Regeln war jedoch noch eine recht unvollständige. Schwierigkeiten ergaben sich schon daraus, daß die grundlegenden Vorstellungen von der physikalischen Natur des Lichts in gewissen, gerade hier wichtigen Punkten noch umstritten waren. So vertrat *Brewster* die Meinung, daß auch ein im physikalischen Sinne reines Licht (ein Schwingungsvorgang also von bestimmter Frequenz und Wellenlänge), wenn es gefärbte durchsichtige Körper passiert, seine Farbe verändere. *Helmholtz* zeigte, daß eine solche Farbenänderung nicht

stattfindet, wenn das Licht wirklich vollkommen rein ist. Die Gesetze der Lichtmischung schienen hiernach in voller Strenge zu gelten, und sie bildeten für Helmholtz die Grundlage für die ganze Lehre von den Gesichtsempfindungen. Die späteren Untersuchungen haben die tatsächliche Richtigkeit und die hohe Bedeutung dieser Gesetze bestätigt, allerdings mit einer nicht unwichtigen Einschränkung. Zu den Ergebnissen der Graßmannschen Gesetze gehört es, daß, wenn zwei beliebige Lichtgemische gleich aussehen, diese Gleichheit auch erhalten bleibt, wenn die absolute Intensität aller Lichter im nämlichen Verhältnis vermehrt oder vermindert wird. Überdies wurde wohl in der Regel als selbstverständlich angenommen, daß die scheinbare Gleichheit des Aussehens auch durch beliebige Ermüdungen (Umstimmungen) des Auges nicht aufgehoben wird. Es hat sich nun gezeigt, daß Lichtgemische, die unter gewöhnlichen Bedingungen gleich erscheinen, mehr oder weniger, unter Umständen sogar in gewaltigem Betrage ungleich werden können, wenn sie bei *sehr geringen absoluten Intensitäten* und bei *dunkeladaptiertem Auge* beobachtet werden. Da sich unter den letztgenannten Bedingungen eine besondere, auch in andern Hinsichten von der gewöhnlichen abweichende Art des Sehens einstellt, so bezeichnet man jetzt diese als *Dämmerungssehen* im Gegensatz zu der gewöhnlichen, die ein *Tagessehen* genannt wird. Für jene ist namentlich charakteristisch, daß keine Farben erkannt, sondern nur Abstufungen farbloser Helligkeit gesehen werden. Man kann daher auch kurz sagen, daß „tagesgleiche“ Lichtgemische beim Dämmerungssehen sehr ungleich hell erscheinen, sehr ungleiche „Dämmerungswerte“ besitzen können. Und zwar verschieben sich die Helligkeiten beim Übergang vom Tages- zum Dämmerungssehen zugunsten der kurzwelligen Lichter¹⁾. Der Grund dieser Erscheinung ist nun mit Wahrscheinlichkeit darin zu finden, daß unser Sehorgan aus zwei Bestandteilen zusammengesetzt ist, deren einer, farbertüchtig und relativ empfindlich gegen langwelliges Licht, beim gewöhnlichen Sehen in hellem Licht ausschließlich oder doch überwiegend funktioniert, während der andere, farbenblind und relativ empfindlicher gegen kurzwelliges Licht, dem Dämmerungssehen dient. Auf die mannigfachen Gründe, die dieser Annahme zur Stütze dienen, namentlich ihre Beziehung zu den histologischen Gebilden der Netzhaut, den Zapfen und Stäbchen, sowie zu dem einzigen bis jetzt bekannten lichtempfindlichen Stoff derselben, dem Sehpurpur, ist hier nicht einzugehen. Hervorzuheben ist hier nur, daß durch diese Tatsachen die Helmholtzschen Anschauungen eine in mancher Hinsicht natürlich recht eingreifende Modifikation erfahren haben. In

andern Richtungen dagegen ist diese Änderung weniger bedeutungsvoll, als man auf den ersten Blick meinen sollte. Denn soweit wir jetzt sagen können, gelten die „Gesetze der Lichtmischung“ in der Tat in aller Strenge für den einen, nämlich den dem Tagessehen dienenden Bestandteil des Sehorgans. Auf ihn bleiben also auch jetzt noch die weiteren Erwägungen anwendbar, die Helmholtz an jene Gesetze knüpfte. — Sie führten ihn dazu, die von Th. Young aufgestellte Theorie über die Einrichtung des Sehorgans aufzunehmen und auszubauen. Die Art, wie er hier zu Werke ging, die Grundsätze, von denen er sich leiten ließ, sind für seine Auffassung psychologischer Verhältnisse so charakteristisch und hängen so eng mit allgemeineren Überzeugungen zusammen, daß es ratsam erscheint, später in diesem Zusammenhange darauf zurückzukommen. Dort wird auch davon zu reden sein, wie weit die berühmte Theorie, die ja später lebhaften Widerspruch ausgelöst hat und zu den umstrittensten Gegenständen der Sinnesphysiologie gehört, gegenwärtig als überholt gelten kann, wie weit sie oder ihre Grundgedanken auch jetzt noch von Bedeutung sind. Gleich hier sei erwähnt, daß die wichtigste, einer Lehre von den Gesichtsempfindungen zu stellende Aufgabe allerdings mit jenen Gesetzen der Lichtmischung in ihren Grundzügen als gelöst gelten konnte, daß sich aber darüber hinaus doch noch eine Fülle besonderer Erscheinungen bot, die es galt, in systematischer Weise aufzuklären und womöglich auf ihre physiologischen Grundlagen zurückzuführen. Erscheinungen dieser Art ergeben sich zunächst, wenn die Einwirkungen der Lichter *zeitlich* in besonderer Weise gestaltet werden. Dahin gehören namentlich die *Nachbilder*. Kann ein Teil derselben, die sogen. positiven, als Nachdauer eines physiologischen Erfolges über die Dauer der Lichtwirkung aufgefaßt werden, so lehren die negativen, daß durch länger dauernde Belichtungen einer Netzhautstelle ihre Empfänglichkeit gegenüber neu einwirkenden Reizen geändert wird. Die Helmholtzschen Untersuchungen bilden auch hier die Grundlage unseres gegenwärtigen Wissens, sind aber durch mancherlei spätere Befunde ergänzt worden. So hat sich namentlich gezeigt, daß die Nachwirkungen kurzdauernder Reize einen recht verwickelten zeitlichen Verlauf darbieten, dessen befriedigende Aufklärung bis jetzt nur zum Teil gelungen ist. In bezug auf die Umstimmungen hat sich namentlich durch systematische Prüfung die vorhin erwähnte Annahme bestätigt, daß gleichaussehende Mischungen auch auf beliebig umgestimmten Netzhautstellen untereinander gleich bleiben, freilich wiederum nur dann, wenn die Einmischung des dem Dämmerungssehen dienenden Anteils ausgeschlossen bleibt, was namentlich dadurch geschehen kann, daß die Beobachtung auf die Stelle des deutlichsten Sehens beschränkt bleibt, wo dieser

¹⁾ In etwas abweichender Form war übrigens diese Tatsache schon vormals wohl bekannt und wurde mit dem Namen des Purkinjeschen Phänomens bezeichnet.

Teil fehlt. Zweifelhaft ist dagegen geblieben, ob die funktionellen Veränderungen, die sich an diese oder jene Belichtungen anschließen, so wie es *Helmholtz* annahm, in der Form der *Ermüdungen* aufgefaßt werden können, oder ob von *Umstimmungen* in dem allgemeineren Sinne gesprochen werden muß, daß hierbei auch *Steigerungen* der Erregbarkeit oder Verschiebungen der Reizerfolge anzunehmen sind. Es würde jedoch hier zu weit führen, diesen nicht einfachen theoretischen Problemen nachzugehen.

Auch durch besondere *örtliche* Verteilung der Lichtreize ergeben sich vielfach Erscheinungen besonderer Art, vor allem diejenigen, die unter dem Namen des simultanen *Kontrasts* bekannt und ebenfalls schon vor *Helmholtz* eingehend untersucht worden waren. *Helmholtz* wurde durch seine Untersuchungen zu der Überzeugung geführt, daß es sich dabei größtenteils um Erscheinungen handle, die nur auf psychologischer Grundlage erklärt werden können. Er faßte sie als *Urteilstäuschungen* auf, die durch die besonderen hier obwaltenden Bedingungen in eigenartiger Weise begünstigt und gestaltet werden. Auch hier begegnen wir einem Gedanken von *Helmholtz*, der nach vielfacher Zustimmung alsbald aufs lebhafteste bekämpft worden ist. In direktem Gegensatz zu ihm entwickelte *Hering* die Anschauung, daß die verschiedenen Stellen des somatischen Gesichtsfeldes einander nach ganz einfachen physiologischen Gesetzen beeinflussen, der Zustand jeder einzelnen daher nicht allein durch die Reize bestimmt wird, die sie selbst treffen oder getroffen haben, sondern sich auch nach den Zuständen der andern, namentlich der nahe benachbarten Teile richtet. Diese Beeinflussung folgt eben der Regel, die im Kontrast zum Ausdruck kommt: das Hell an einer Stelle verschiebt den Zustand des Nachbarteils im Sinne des Dunkels und umgekehrt; ebenso verschieben die farbigen Empfindungen an einer Stelle die Empfindungen der Nachbarteile im Sinne der entgegengesetzten, der komplementären Farbe. — Daß Zusammenhänge dieser Art in der Tat existieren, wird gegenwärtig wohl allgemein angenommen und ist in der Tat nicht zu bezweifeln. Verhält sich dies so, so wäre es doch voreilig zu folgern, daß die *Helmholtzsche* Theorie der Kontrastercheinungen als schlechtweg irrtümlich abzulehnen sei und keinerlei Interesse mehr für uns besitze. Wir werden sie nur als unvollständig bezeichnen dürfen. Und ob nicht neben jenen einfachen physiologischen Zusammenhängen auch die von *Helmholtz* angenommenen Verhältnisse eine Rolle spielen, das ist eine weitere Frage, über die auch z. Z. die Meinungen noch sehr auseinandergehen. Auch gegenwärtig also hat eine allgemeine Theorie des Kontrasts noch allen Anlaß, sich mit den *Helmholtzschen* Betrachtungen eingehend zu befassen. Hier wird in dieser Hinsicht noch einiges beizubringen sein; doch mag dies wegen des engen Zusammenhanges

mit allgemeineren Anschauungen über psychologische Verhältnisse auf eine spätere Stelle verschoben werden.

Den dritten Teil der Physiologischen Optik bezeichnet *Helmholtz* als die Lehre von den *Gesichtswahrnehmungen*. Es handelt sich hier vorzugsweise um das Erkennen räumlicher Verhältnisse mittels des Gesichtssinnes. Indem *Helmholtz* hier von *Wahrnehmungen* im Gegensatz zu den Empfindungen sprach, wollte er schon durch die Namengebung andeuten, daß die uns zum Bewußtsein kommenden örtlichen Bestimmungen des Gesehenen nicht so unmittelbar wie Helligkeit und Farbe durch die physiologischen Einrichtungen gegeben sind, daß sie vielmehr größtenteils das Ergebnis einer *psychischen Verarbeitung* des zunächst gegebenen Empfindungsmaterials darstellen. In der Tat war *Helmholtz* ganz allgemein zu der Überzeugung gelangt, daß die Eindrücke, die uns zufolge irgendeiner Betätigung der Sinneswerkzeuge ins Bewußtsein treten, in weitem, allerdings ganz fest begrenztem Umfange auf Entwicklungen und Ausbildungen beruhen, die, wohlbekannten Formen psychischen Geschehens ganz gleichartig, auch ihrerseits eine erfahrungsmäßige Ausbildung, ein Erlernen, eine Einübung genannt werden dürfen. Dies ist der Grundgedanke seiner *empiristischen Theorie*, und wir berühren hiermit diejenige Anschauung von *Helmholtz*, die in der ganzen Sinnesphysiologie von der weittragendsten Bedeutung geworden, freilich auch am meisten umstritten worden ist. Bei einem Anlaß, wie dem gegenwärtigen, müssen wir uns daher etwas eingehender mit ihr beschäftigen, teils um das von *Helmholtz* Gemeinte richtig zu erfassen, teils um die Rolle, die sie in der Sinnesphysiologie gespielt hat und zu spielen berufen ist, zutreffend zu beurteilen.

Wie hinsichtlich der Gesichtsempfindungen, so war auch in betreff der räumlichen Wahrnehmungen eine Anzahl grundlegender Tatsachen schon bekannt, als *Helmholtz* an seine Untersuchungen ging. Daß die gesehenen Gegenstände hinsichtlich der *Richtungen*, in denen sie uns erscheinen, ähnlich angeordnet sind, wie ihre Bilder auf der Netzhaut, war bekannt und unbestritten. Auch war die eigenartige Form, in der dabei das Verhältnis rechts- und linksäugiger Eindrücke ins Spiel kommt, durch *Joh. Müllers* Lehre von den *Identitätsbeziehungen* der beiden Augen in einer wenigstens der Hauptsache nach sicher zutreffenden Weise klargelegt. Die beiden Netzhautgruben (Stellen des deutlichsten Sehens) und die zu ihnen gleich gelegenen Punkte der rechten und linken Netzhaut sind „identisch“ oder, wie jetzt meist gesagt wird, „richtungsgleich“, d. h. das mit dem einen und andern Punkt Gesehene erscheint in derselben Richtung. Damit war namentlich die Erscheinung des binokularen Doppelsehens einer allgemeinen Regel eingeordnet und die Bedingung, unter denen es eintritt, ermittelt. — Auch für die Wahrnehmung der *Ent-*

fernung war neben vielerlei anderem namentlich auch bekannt, daß sie in einem Zusammenwirken der beiden Augen eine ebenso einfache wie bedeutungsvolle Grundlage besitzt. Und diese „binokulare Tiefenwahrnehmung“ war durch *Wheatstones* schöne Erfindung, das Stereoskop, in besonders eindrucksvoller Weise bewiesen und veranschaulicht.

Mit diesen verhältnismäßig einfachen Regeln sind nun aber die räumlichen Bestimmungen des Gesehenen keineswegs erschöpfend festgelegt. Vor allem der Eindruck der Entfernung und, was damit offenbar zusammenhängt, der absoluten Größe gesehener Dinge erwies sich von Bedingungen abhängig, für die eine einfache physiologische Grundlage kaum denkbar war, die vielmehr zwingend auf eine vorausgegangene Erfahrung hinzuweisen schienen. Man denke etwa an die Besonderheiten des Aussehens, die als *Luftperspektive* bezeichnet werden und z. B. in der Landschaftsmalerei von bekannter Bedeutung sind. Da die Luft niemals eine absolut vollkommene Durchsichtigkeit besitzt, erscheinen sehr entfernte Gegenstände in bezug auf Färbung, Schärfe der Umrisse usw. anders als nahe. Daß diese Besonderheiten für den Entfernungseindruck von Bedeutung sind, tritt besonders auffällig in den Täuschungen zutage, die bei *ungewöhnlicher* Beschaffenheit der Luft Platz greifen. Entfernte Berge erscheinen bei besondern Witterungsverhältnissen auffallend nahe usw. Daß nun ein solcher Zusammenhang des Entfernungseindrucks mit feinsten und verwickelten optischen Eigentümlichkeiten des gesehenen Gegenstandes durch einen angeborenen physiologischen Mechanismus festgelegt sein sollte, erscheint unglaublich. Dagegen entspricht es durchaus dem, was wir auch sonst in mannigfacher Weise beobachten, daß wir oftmals Gelegenheit gehabt haben, das Aussehen von Gegenständen zu vergleichen, von denen wir auf andere Weise wissen, daß sie sich in großer oder kleiner Entfernung befinden, und daß wir so dahin gelangen, gewisse Besonderheiten des Aussehens als Merkmal großer Entfernung anzusehen. Die Bedeutung der *Luftperspektive* für den Entfernungseindruck erscheint danach als etwas Erlerntes, als Ergebnis der Erfahrung. Damit steht nicht im Widerspruch, daß dieser Eindruck sehr wohl entstehen kann, ja meistens entsteht, ohne daß wir uns die dafür maßgebenden Merkmale als solche besonders zum Bewußtsein brächten. Wir können daher auch von „unbewußten Schlüssen“ reden, die aus gewissen Besonderheiten, der Färbung, der Umrisse usw., auf die Entfernung gezogen werden. Etwas ganz Ähnliches gilt für die Abhängigkeit des Entfernungseindrucks von der *scheinbaren Größe, dem Gesichtswinkel*, die in nicht minder bekannter Weise stets gegeben ist, wenn Gegenstände von annähernd fixierter absoluter Größe (Menschen, Tiere, auch wohl Bäume, Gebäude u. dgl.) gesehen werden. An die Bedeutung, die

der Verlauf der Umrisse, die Verteilung von Licht und Schatten u. a. für die Entfernungseindrücke besitzen, sei hier nur kurz erinnert.

In Fällen, wie den eben erwähnten, kann über die Bedeutung empirischer Faktoren für die räumliche Wahrnehmung kein Zweifel bestehen. Die Verhältnisse sind wohl auch niemals in anderem Sinne aufgefaßt worden. Die systematische Untersuchung des optischen Raumsinnes führte aber *Helmholtz* auf eine Fülle von Erscheinungen, die in gleichem Sinne von Bedeutung sind. So fand sich, daß die *binokulare Tiefenwahrnehmung* keineswegs mit der zwangsmäßigen Regelmäßigkeit eines einfachen physiologischen Mechanismus funktioniert. Vielmehr hängt es von zahlreichen Umständen, insbesondere auch von einer gewissen Kenntnis der jeweils gesehenen Gegenstände ab, ob überhaupt eine rechts- und eine linksäugig erzeugte Empfindung sich zu dem Eindruck eines einheitlichen Gegenstandes vereinigen und damit der binokulare Entfernungseindruck entsteht. — Im engsten Zusammenhang mit der binokularen Erzeugung der Tiefeneindrücke steht ferner eine andere Gruppe von Erscheinungen, in der gleichfalls das sehr eigenartige Zusammenwirken der beiden Augen erkennbar wird, und die nicht minder auf die Beteiligung psychischer Faktoren hinweisen, die Erscheinungen des sogen. *Wettstreits der Sehfelder*. Wenn die Bilder desselben Gegenstandes auf nicht identische Stellen der rechten und linken Netzhaut fallen, was in der vorhin erwähnten Weise zum Doppeltsehen führt, so müssen natürlich auf identische Stellen die Bilder verschiedener äußerer Gegenstände fallen. Man sollte also erwarten, daß unter diesen Umständen in derselben Richtung, an derselben Stelle des Gesichtsfeldes zwei verschiedene Gegenstände gesehen werden. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß dies niemals der Fall ist. In manchen Fällen tritt eine Art von Verschmelzung ein, so daß die gleiche oder eine ähnliche Empfindung entsteht, wie wenn die beiden Lichter dieselbe Netzhautstelle trafen. Man spricht dann von *binokularer Farbenmischung*. In der Regel aber ist das nicht der Fall. Vielmehr entspricht die Empfindung lediglich der Belichtung der einen, sei es nun der rechtsäugigen oder der linksäugigen Stelle. Dabei ist oft in einem höchst eigenartigen Schwanken bald die rechte, bald die linke maßgebend, während die andere gar nicht zur Geltung kommt; die beiden ungleichen Empfindungen scheinen gewissermaßen miteinander zu kämpfen. Dieses Verhalten ist es, für das man den bezeichnenden Namen eines „*Wettstreits der Sehfelder*“ eingeführt hat. Welches der beiden Augen nun an irgendeiner Stelle des Gesichtsfeldes den Sieg davonträgt, welches unterdrückt oder ausgeschaltet wird, das hängt von verwickelten und eigenartigen Bedingungen ab. Namentlich kommt es auch darauf an, welches der beiden streitenden Bilder mehr geeignet ist, die Auf-

merksamkeit zu erregen. Ja, das Ergebnis kann nicht selten durch die willkürliche Zuwendung der Aufmerksamkeit beeinflusst und umgewandelt werden.

So stellte sich denn heraus, daß die Bedingungen, von denen es abhängt, an welchem Ort ein Gegenstand gesehen wird, ja unter Umständen, *was* überhaupt gesehen wird, in weit höherem Grad und Umfang, als man bei oberflächlicher Kenntnis der Tatsachen meinen sollte, verwickelt und namentlich auch veränderlich sind, und daß eine Mitwirkung psychischer Faktoren, eine erfahrungsmäßige Ausbildung in weitestem Maße anzunehmen ist.

Es entsprach nun durchaus dem vorhin schon erwähnten Grundsatz, wenn *Helmholtz* auch hier versuchte, zu einem Verständnis der Erscheinungen mit möglichst wenig und möglichst einfachen Voraussetzungen zu gelangen, dies aber als einen Versuch betrachtete, der in der Absicht unternommen wurde, zu sehen, wie weit man damit käme. So ging er von der Annahme aus, daß den Sinneseindrücken feste räumliche Bestimmungen von Haus aus *gar nicht* eigen wären. Durch irgendwelche Besonderheiten allerdings mußten sich die von verschiedenen Stellen der Netzhaut ebenso wie die von verschiedenen Punkten der äußeren Haut herkommenden Eindrücke unterscheiden. Diese Merkmale, die also, wie gesagt, zunächst nicht räumlicher oder örtlicher Natur sein sollten, bezeichnete er im Anschluß an *Lotze* als die *Lokalzeichen*. Daß aus einer Gesamtheit einzelner nur durch solche unräumliche Merkmale unterschiedener Einzeleindrücke sich eine räumliche geordnete Wahrnehmung entwickelt, darin erblickte *Helmholtz* das Ergebnis eines Erlernens, einer erfahrungsmäßigen Ausbildung. Hiermit war daher eine „*empiristische Theorie*“ der räumlichen Wahrnehmung in der radikalsten Weise durchgeführt. Selbst den naheliegenden Gedanken, daß die Lokalzeichen in einer den Herkunftsorten entsprechenden Weise abgestuft, für nah benachbarte also wenig, für weit entfernte stärker verschieden seien, und daß hierdurch das Erlernen ihrer räumlichen Bedeutung erleichtert werde, behandelte er als eine zwar nicht abzuweisende, aber zunächst entbehrliche Annahme.

Die empiristische Theorie der räumlichen Wahrnehmung ist, wie vorhin schon angedeutet, lebhaftem Widerspruch begegnet. Die ihr diametral entgegengesetzte, namentlich von *Hering* vertretene *nativistische*, ging dahin, daß, zufolge fester angeborener Einrichtungen, den optischen Empfindungen nicht anders als ihre Helligkeits- und Farbenwerte, auch bestimmte *Ortswerte* eigen sind und daß sich diese aus den für jeden Netzhautort festbestimmten „Breiten-, Höhen- und Tiefenwerten“ ergeben. Dabei wurden die letzteren, um den Erscheinungen des stereoskopischen Sehens gerecht zu werden, mit teils positiven, teils negativen Werten angenommen, mit der wei-

teren Maßgabe, daß der Tiefeneindruck für einen Gegenstand beim binokularen Sehen sich als die algebraische Summe der seinem rechts- und links-äugigen Bilde zukommenden Tiefenwerte ergeben sollte.

Ganz derselbe Gegensatz erhob sich auch in der Auffassung der bei den *Bewegungen* der Augen bemerkbaren Gesetzmäßigkeiten, die, größtenteils schon von *Listing* aufgeklärt, damals teils durch *Helmholtz* selbst, teils auch durch andere Forscher des Genaueren verfolgt wurden. *Helmholtz* glaubte, ähnlich manchen anderen fest geordneten Bewegungen, z. B. den Gangbewegungen, auch die des Auges auf eine *Einübung* zurückführen zu können, die sich bei dem andauernden Gebrauch der Augen durch die bei abweichenden Bewegungsarten auftretenden Störungen von selbst entwickelt. Die nativistische Ansicht war geneigt, anzunehmen, daß es sich um ein durch angeborene Einrichtungen vorgezeichnetes und gewährleistetetes Zusammenwirken der Augenmuskeln handle.

Wenn nun auch dieser Gegensatz zwischen Empirismus und Nativismus zurzeit keineswegs ausgetragen, geschweige alle damit zusammenhängenden Fragen beantwortet sind, haben sich die Dinge doch bis zu einem gewissen Grade geklärt. Schon lange fragen wir nicht mehr, welche der beiden Theorien die schlechtere richtige ist, was eine gänzliche Ablehnung der anderen bedeuten würde. Wir fragen vielmehr, inwieweit die räumlichen Wahrnehmungen des Gesichtssinnes durch angeborene Einrichtungen festgelegt oder vorbereitet sind, inwieweit sie im Lauf des Lebens durch Einübung und Erfahrung ausgebildet werden. Und können wir auch die hiermit gesuchte Grenzlinie noch nicht mit Sicherheit ziehen, so fehlt es doch nicht an Punkten, die sich mit einiger Sicherheit beurteilen lassen; und vor allem beginnt sich immer deutlicher eine Anzahl von Fragen als solche abzuzeichnen, die sich gegenwärtig und voraussichtlich noch für lange Zeit nicht mit Sicherheit beantworten lassen, deren Erörterung also zurzeit fruchtlos erscheint. So ist es denn kein aussichtsloses Unternehmen, wenn man, dem gegenwärtigen Anlaß gemäß, den Versuch macht, zu überblicken, wie gerade diese Gruppe *Helmholtz*scher Gedanken gegenwärtig zu beurteilen ist. In einigen Punkten hat unzweifelhaft die allgemeine Anschauung den Boden, auf dem *Helmholtz* stand, verlassen. Es ist dies vor allem insofern der Fall, als uns die strenge Sonderung des Psychischen von den physiologischen Vorgängen nicht mehr angängig erscheint. Immer mehr hat sich die Überzeugung befestigt, daß *alle* psychischen Erscheinungen mit bestimmten materiellen Vorgängen fest verknüpft sind, wobei es gleichgültig ist, wie wir unter erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten das Verhältnis des Seelischen zum Materiellen auffassen. Für die Theorie der räumlichen Wahrnehmungen ist dies zunächst von untergeordneter Bedeutung.

Denn wenn wir uns auf diesen Standpunkt stellen, so haben wir ja vor allem auch die wohl bekannten Erscheinungen des Erlernens, der Einübung usw. auf materielle Veränderungen des Zentralnervensystems zurückzuführen. Und in der Tat erblicken wir ja in dieser Veränderlichkeit, in der *Plastizität*, eine der wichtigsten, freilich zurzeit auch noch eine der dunkelsten Eigenschaften der nervösen Gebilde. Wir sind also durch diese Verschiebung des Standpunktes zunächst nur veranlaßt, uns die Helmholtzsche Anschauung gewissermaßen in eine andere Terminologie zu übersetzen. Immerhin steht hiermit doch ein weiterer und wichtigerer Punkt in engem Zusammenhang. Erblicken wir in gewissen Verhältnissen des physiologischen Geschehens die direkten Grundlagen für alle möglichen Bewußtseinsbestimmungen, so ist es natürlich überaus nahelegend, auch die (subjektive) räumliche Ordnung des Gesehenen unmittelbar auf (objektive) räumliche Verhältnisse der den Empfindungen überhaupt zugrunde liegenden Vorgänge zurückzuführen. Vorgänge insbesondere, die sich im Zentralnervensystem in benachbarten Gebilden abspielen, werden auch den Eindruck benachbarter Sehdinge hervorrufen usw.

In der Tat ist denn auch die Lotzesche Theorie der Lokalzeichen, schon, weil sie mit einem lediglich fingierten Faktor rechnet, mit Merkmalen, die im Bewußtsein schlechterdings nicht aufzuweisen sind, mehr und mehr, jetzt wohl vollständig verlassen worden. Und man neigt allgemein der Annahme zu, daß die *optischen Empfindungen von Haus aus und nach Maßgabe der räumlichen Verhältnisse ihrer nervösen Substrate räumliche Bestimmungen enthalten*.

Auch in bezug auf das Verhältnis der beiden Augen sind wir über die Helmholtzschen Anschauungen hinausgelangt. Die anatomischen Untersuchungen haben erwiesen, daß beim Menschen im Chiasma nervorum opticorum nicht eine vollständige, sondern nur eine partielle Kreuzung der Fasern stattfindet. Sie ist von der Art, daß die rechten Hälften beider Netzhäute (also die laterale des rechten und die mediale des linken Auges) ihre Fasern zur rechten Hälfte des Gehirns schicken, die linken zur linken. Diese Tatsache ist um so bemerkenswerter, als wir auf den tieferen Stufen der Säuger, wo die Augenstellung ein binokulares Sehen ausschließt, noch eine vollständige Kreuzung antreffen. Mit dem Aufstieg zu den höheren Stufen ändert sich die Stellung der Augen in dem Sinne, daß immer mehr Gegenstände von beiden Augen zugleich gesehen werden können; das „binokulare Gesichtsfeld“ nimmt stetig zu. Entsprechend werden auch die sich nicht kreuzenden Teile der Sehnerven immer beträchtlicher, so daß beim Menschen ihr Verhältnis zu den sich kreuzenden seinen höchsten Wert erreicht und der Gleichheit nahe kommt.

Erscheinen hierdurch die beiden gleichgelegenen Netzhauthälften, die beiden rechten und

die beiden linken, in eine engere anatomische Beziehung zueinander gebracht, so liegt es natürlich ungemein nahe, anzunehmen, daß auch die spezielle Art dieser Beziehung, die Verhältnisse der Identität, durch angeborene Einrichtungen bestimmt sind. Freilich stoßen wir auf große Schwierigkeiten, wenn wir eine solche Annahme des Genaueren durchzuführen versuchen. Genau und unveränderlich festgelegt können jene Beziehungen nicht sein. Die normalen Identitätsbeziehungen müssen nämlich in leicht verständlicher Weise zu auffallenden und charakteristischen *Störungen* führen, sobald die Augen sich in abnormen Stellungen (Schielstellungen) befinden. Die Erfahrung lehrt nun, daß, wenn eine Stellungsanomalie *plötzlich* eingetreten ist, solche Störungen allerdings in der zu erwartenden Form bemerkbar sind, daß sie dagegen bei *lange andauernden Schielstellungen* vermißt werden. Es scheint daher, daß es in diesen letzteren Fällen zu einer Verschiebung der ursprünglichen Identitätsbeziehungen kommt, eine *veränderte Sehrichtungsgemeinschaft* sich ausbildet. Auf der anderen Seite kommt es in diesen Fällen doch niemals zu einem Zusammenwirken der beiden Augen von einer ähnlichen Vollkommenheit wie unter normalen Bedingungen. Auch ist auffällig, daß nach operativer Richtigestellung der Augen sich die *normalen* Identitätsbeziehungen in überraschend kurzer Zeit wieder herstellen. So scheint es, daß diese doch, wenn auch irgendwie latent oder verdeckt, noch bestanden haben. — Im ganzen läßt sich daher wohl nur sagen, daß die normalen Identitätsbeziehungen, wo die beiden Stellen des deutlichsten Sehens und die zu ihnen gleichgelegenen Netzhauptpunkte richtungsgleich sind, durch angeborene (bildungsgesetzlich festgelegte) Einrichtungen *vorbereitet* oder *begünstigt* sind, wenn wir auch zurzeit nicht genau sagen können, worin diese Vorbereitung besteht und wie weit sich ihre Bedeutung erstreckt.

Ähnliches gilt auch für den Bewegungsapparat der Augen. *Sicherlich also beruht die Verbindung beider Augen zu einem einheitlichen Organ zum erheblichen Teil auf einer stammesgeschichtlichen Entwicklung, deren Ergebnis dem Menschen schon bei seiner Geburt, den Bildungsgesetzen gemäß, als ein fertiger Besitz ohne seine eigene Mitwirkung, ohne individuelle Ausbildung zufällt.*

Allein, auch wenn man von dieser Annahme ausgeht, so erscheint damit doch nur der Ausgangspunkt des Erlernens und die Größe des ihm zugeschriebenen Anteils verändert. Denn wir können nicht daran denken, das ausgebildete, räumliche Sehen des Erwachsenen mit einem von Haus aus durch anatomische Einrichtungen gegebenen und durch feste Ortswerte der einzelnen Netzhautstellen bestimmten, mit dem primitiven Sehen eines Neugeborenen zu identifizieren. Ist jeder Netzhautstelle, ähnlich wie irgendeine

andere Qualität der Empfindung, auch ein bestimmter Ortswert eigen, so wird sich daraus (man kann sich davon wohl eine gewisse Vorstellung machen) ein räumliches Sehen ergeben, das nichts weiter bedeutet, als die örtliche Anordnung der verschiedenen optischen Objekte, der „*Sehdinge*“ untereinander. Beim Erwachsenen bestimmt sich dagegen durch den Netzhautort die Richtung, in der ein dort abgebildeter Gegenstand wahrgenommen wird. Diese Richtungen aber sind auf einen annähernd bestimmten Punkt *unseres Körpers*, das sogen. Zentrum der Sehrichtungen, bezogen¹⁾. Schon in diese Seite der Lokalisation, die Richtungslokalisation, geht also die Vorstellung eines Objektes ein, das selbst gar nicht gesehen wird, auch nicht gesehen werden kann, ja, sie ist ihrer ganzen Art nach von der Vorstellung eines solchen, unserem eigenen Körper angehörigen Punktes nicht abzutrennen. — Ferner aber bestimmt sich die Richtung, in der wir einen Gegenstand wahrnehmen, auch nicht *allein* durch den Netzhautort seines Bildes, sondern es kommt dabei noch die jeweilige Stellung der Augen im Kopfe in entscheidender Weise mit in Betracht. Bestimmt sich nun der ins Bewußtsein tretende Eindruck in dieser Weise einerseits durch den peripheren Angriffspunkt des Reizes, andererseits durch Faktoren ganz anderer Art, so haben wir darin offenbar einen Zusammenhang, der von all den für die eigentlichen Empfindungsqualitäten maßgebenden vollkommen verschieden ist.

Noch weniger gelingt es, die beim Erwachsenen bestehende Wahrnehmung der *Entfernungen* auf etwaige, den einzelnen Netzhautorten zuzuschreibende positive und negative Tiefenwerte zurückzuführen. Denn zunächst ist es nur eine ganz besondere Seite der Entfernungswahrnehmung, die relative Tiefenanordnung beim binokularen Sehen, die sich in dieser Weise auf eine einfache physiologische Grundlage zurückführen läßt. Wird, was ja häufig genug der Fall ist oder zum Zweck des Experiments herbeigeführt werden kann, gar nicht mit beiden, sondern nur mit *einem* Auge gesehen, so ist von jenen Tiefenwerten gar nichts zu bemerken. Aber auch *wenn* binokular gesehen wird, lassen sich die Erscheinungen keineswegs jenen einfachen Regeln unterordnen. Zunächst ist zu beachten, daß jene vom binokularen Sehen entspringenden Tiefeneindrücke mit den sicher empirischen Faktoren (Luftperspektive, Gesichtswinkel, Verlauf der Umrisse usw.) zur Erzeugung eines einheitlichen Eindrucks zusammenwirken. Sie können durch diese abgeändert, korrigiert, gelegentlich ganz umgewandelt werden. Noch wichtiger aber ist, daß auch gerade die binokulare Wahrnehmung

der Entfernung neben solchen „Tiefenwerten“ immer noch von einer Reihe anderer Bedingungen abhängig gedacht werden muß. Denn, wie vorhin schon kurz erwähnt wurde, entsteht der Eindruck einer bestimmten Tiefenanordnung immer nur durch das Lageverhältnis der beiden von demselben Gegenstande entworfenen Bilder (ihrer Querdispagation in der Bezeichnung *Herings*). Damit er überhaupt zustande kommt, ist erforderlich, daß eine rechte Netzhautstelle mit einer ganz bestimmten linksäugigen zusammenwirkt. In welcher Weise aber rechts- und linksäugige zur Erzeugung eines Tiefeneindrucks kombiniert werden, das ist zunächst nicht bestimmt. Mancherlei belehrende Beobachtungen zeigen denn auch, daß es von verwickelten Bedingungen abhängt, ob die nach den allgemeinen Regeln des binokularen Sehens zu erwartenden Tiefeneindrücke wirklich entstehen. Betrachten wir z. B. im Stereoskop Umrisszeichnungen, die Kristalle o. dgl. darstellen, so können wir einen überaus frappierenden Eindruck der Körperlichkeit erhalten, der gerade hier in besonders auffälligem Gegensatz zu dem Ergebnis einäugiger Betrachtung steht. In der Regel aber ist deutlich zu bemerken, daß dieser Eindruck nicht sofort entsteht. Wir müssen den Gegenstand erst *verstehen*, d. h. die dem rechten und dem linken Bilde angehörigen Teile in der richtigen Weise aufeinander beziehen und miteinander in Verbindung bringen, um den Eindruck eines körperlichen Gegenstandes zu erhalten, wozu je nach Umständen einige Sekunden, zuweilen weniger, oft aber auch noch beträchtlich mehr Zeit erforderlich ist.

Mit Recht hat daher *Helmholtz* gegen die Annahme fester Tiefenwerte sich mit besonderem Nachdruck gewandt. Auch gegenwärtig müssen wir es als durchaus unwahrscheinlich bezeichnen, daß sie als angeborene Bestimmungen vorhanden sind. Sicherlich wird vielmehr beim binokularen Sehen der Tiefeneindruck nicht durch sogenannte „Tiefenwerte“ hervorgerufen, sondern gerade dadurch, daß die beiden Bilder eines Gegenstandes in seitlicher Richtung etwas auseinandergelegen sind. Ganz allgemein ist es für das ausgebildete Sehen charakteristisch, daß die ihm eigenen Ortswerte sich nicht auf irgendwelche einfachen physiologischen Vorgänge zurückführen lassen. Sie ergeben sich, wie eben bezüglich der Sehrichtungen gezeigt, aus der *Kombination* ganz verschiedenartiger Faktoren; sie hängen von den *Unterschieden* oder *Verhältnissen* rechts- und linksäugiger Erregungen ab, wobei es wieder von verwickelten Bedingungen bestimmt wird, *welche* Punkte des einen und des andern Auges zueinander in Beziehung gesetzt werden. All diese Zusammenhänge fallen unstreitig aus dem Rahmen der z. B. für Farbe und Helligkeit bestimmenden physiologischen Mechanismen gänzlich heraus und reihen sich unzweideutig jenen ganz andersartigen Formen physiologischen Ge-

¹⁾ Es geht dies daraus hervor, daß Dinge, die sich auf dicht benachbarten Punkten abbilden, wenn sie in verschiedenen Entfernungen gesehen werden, auf einer gegen uns selbst gerichteten Geraden gelegen zu sein scheinen.

schehens ein, die wir uns als Grundlagen der seelischen Erscheinungen (Begriffsbildungen, Assoziationen usw.) denken müssen.

Wenn wir also, die Lokalzeichentheorie verlassend, annehmen, daß das vor allem individuellen Erlernen bestehende primitive Sehen des Neugeborenen schon irgendwie räumlich bestimmt und geordnet ist, so müssen wir anerkennen, daß jene primitive Sehweise, um in die uns bekannte eines Menschen, der sehen *gelernt* hat, überzugehen, eine völlige Umarbeitung und Neugestaltung erfahren muß. — Hiermit bezeichnen wir nun auch die Aufgabe, vor die wir uns zurzeit gestellt sehen. Wir werden zunächst die anatomischen Grundlagen, durch die das räumliche Sehen vorbereitet ist, im einzelnen aufzuklären und festzustellen haben. Dabei ist eine hervorragend wichtige und vielleicht die schwierigste Frage die, von welcher Art jene enge Beziehung zwischen identischen Punkten der rechten und linken Netzhaut ist, durch die, wie wir annehmen dürfen, alles, was man binokulares Sehen nennt, das eigenartige Zusammenwirken der beiden Augen vorbereitet ist. Unmöglich kann es sich um eine einfache Verschmelzung der von der einen und anderen Stelle ausgehenden Sehnervenfaser handeln. Das lehren die Erscheinungen des Wettstreites, aber auch die ganzen Verhältnisse der binokularen Tiefenwahrnehmung in unzweideutiger Weise. In hohem Grade wird das Problem noch dadurch erschwert, daß wir uns diese Beziehungen, mögen sie auch durch angeborene Einrichtungen bestimmt sein, doch, wie vorhin gezeigt, bis zu einem gewissen Grade auch wandelbar denken müssen. Zurzeit können wir wohl nur sagen, daß die anatomischen Verhältnisse, durch die wir uns die funktionelle Verknüpfung der beiden Augen begründet denken können, etwas überaus Merkwürdiges und durchaus Einzigartiges sein müssen, wofür wir in keinem anderen Sinnesgebiet eine Analogie besitzen, und wovon wir uns wohl ein Bild erst werden machen können, wenn wir einmal einen weit tieferen Einblick in die anatomischen Bildungen und die Funktionsgesetze des Zentralnervensystems werden gewonnen haben. — Wir werden dann weiter auch versuchen müssen, die Umwandlung eines primitiven in ein ausgebildetes Sehen, wobei namentlich das Entstehen der Vorstellung von unserem eigenen Körper eine wichtige Rolle spielen wird, auf bestimmte Vorgänge zerebraler Ausbildung zurückzuführen. Daß wir vorläufig keine Handhabe besitzen, um die Lösung dieser Aufgabe auch nur in Angriff zu nehmen, wurde vorhin schon angedeutet. Man denke z. B. an die Möglichkeit, daß das primitive Sehen eine Funktion des optischen Projektionsfeldes sei, seine Umwandlung und Entwicklung aber in einer, die Assoziationsfelder betreffenden Ausbildung bestehe. Ich erwähne diese Möglichkeit nur, um daran zu zeigen, wie sehr es uns hier zurzeit noch an Anhalts-

punkten fehlt. Sind wir doch über die anatomische Grundlage selbst für die einfachste Form einer Ausbildung, die Festhaltung eines Erinnerungsbildes, trotz vieler Bemühungen noch sehr im Dunkeln.

Versuchen wir das Gesagte kurz zusammenzufassen, so wäre etwa zu sagen, daß *Helmholtz* in einer Weise, die wir auch jetzt noch für vollkommen zutreffend halten müssen, ein weites Gebiet von Tatsachen, die erfahrungsmäßige Ausbildung unserer Sinneseindrücke aufgedeckt und in seiner großen Bedeutung gewürdigt hat. Wir müssen ihm vor allem darin beipflichten, daß auch Zusammenhänge, die sicher in dieser Weise *erworbene* sind, sich mit ganz derselben Unmittelbarkeit und Zwangsmäßigkeit geltend machen können, wie andere, die durch feste physiologische Einrichtungen von Haus aus und unveränderlich gegeben sind. Und auch darüber kann kein Zweifel bestehen, daß diese empirische Ausbildung gerade für die *räumlichen Bestimmungen des Gesichtssinnes* eine ungemein bedeutungsvolle Rolle spielen. Dem Werte dieser Einsicht tut es keinen Abbruch, daß *Helmholtz* in dem Bestreben, das Gegebene mit möglichst wenig Voraussetzungen zu erklären, den Umfang jenes Gebietes überschätzt hat und anatomisch-physiologische Vorbereitungen auch in den Hinsichten zu bestreiten geneigt war, in denen wir gegenwärtig solche als bestehend erachten. Das, was sich als der springende Punkt seiner Lehre herausstellt, der tiefgreifende Unterschied des Räumlichen gegenüber den der Empfindung im engeren Sinne zukommenden Bestimmungen wird dadurch nicht berührt. Daß die ersteren in einer Weise und einem Umfang Gegenstand erfahrungsmäßiger Ausbildung sind, für die sich bei den letzteren keinerlei Analogie findet, kann nicht bezweifelt werden. Insofern aber hat sich der Standpunkt geändert, als wir hiermit nicht zu einer abschließenden Einsicht gelangt, sondern vor eine neue Aufgabe gestellt sind, freilich eine, von deren Lösung wir noch sehr weit entfernt sind, ja, die wir noch kaum ernsthaft in Angriff zu nehmen vermögen. Können wir einmal wirklich an den Versuch gehen, die physiologischen Grundlagen des psychischen Geschehens, vor allem auch der Ausbildung und des Erlernens darzustellen, so wird gerade auch die Entwicklung unseres räumlichen Wahrnehmens dabei besonders zu berücksichtigen sein. Die Untersuchung wird sich dabei mit all den Tatsachen zu beschäftigen haben, in denen *Helmholtz* eine psychische Ausbildung erblickte. Vielleicht wird erst dann, wenn eine solche Untersuchung erfolgreich in Angriff genommen ist, wenn wir von den materiellen Grundlagen psychischen Geschehens, namentlich auch von den anatomischen Substraten der Ausbildung uns eine gewisse Vorstellung machen können, ganz ersichtlich werden, wie sehr *Helmholtz* mit der Meinung im Recht war, daß gerade für die Wahrnehmung räumlicher Verhältnisse die Aus-

bildung eine große und durchaus eigenartige Rolle spielt. — Die alte Einsicht, daß der Raum keine Empfindung ist, muß, wie es scheint, immer wieder aufs neue gefunden und von immer neuen Seiten her erwiesen und bestätigt werden. *Helmholtz* war zu ihr auf seine Weise, durch die empirische Untersuchung der Lokalisationserscheinungen geführt worden. Ob wir nicht von anderen Ausgangspunkten leichter, direkter und in überzeugender Weise das gleiche Ziel erreichen können, darüber kann man gewiß sehr verschiedener Meinung sein. Je mehr wir aber dieser Ansicht zuneigen, um so mehr werden wir den Scharfblick bewundern müssen, mit dem *Helmholtz* aus dem ihn zunächst interessierenden Tatsachenmaterial Folgerungen von weittragender Bedeutung abgeleitet hat.

Noch ein Punkt bedarf hier kurzer Erwähnung. Wir müssen *Helmholtz* darin zustimmen, daß die Sinneseindrücke in großem Umfange, insbesondere die räumlichen Verhältnisse beim Gesichtssinn durch eine erfahrungsmäßige Ausbildung bestimmt werden. Selbstverständlich aber sind die *Gesetze des psychologischen oder physiologischen Geschehens*, denen gemäß eine solche Ausbildung sich vollzieht, das Auffassen und Festhalten des Gleichartigen, assoziative Verknüpfungen usw., durch die ganze Natur unserer Psyche oder unserer nervösen Organe gegeben und insofern als etwas Angeborenes nicht etwa auch ihrerseits wieder als etwas Erworbenes zu betrachten. Wenn daher neuerliche Anregungen dahin gehen, als „jüngere Form des Nativismus“ die Anschauung zu bezeichnen, daß nicht etwa die räumlichen Bestimmungen, sondern die beim Erlernen ins Spiel kommenden Funktionsweisen auf angeborenen Einrichtungen beruhen, so muß beachtet werden, daß eine in diesem Sinne nativistische Auffassung mit dem, was *Helmholtz* Empirismus nannte, vollkommen vereinbar, von dem was ihm als Nativismus entgegentrat und was er bekämpfte, durchaus verschieden ist. Für die erwähnte Anschauung ein Wort zu wählen, das ursprünglich in so stark verschiedenem Sinne benutzt wurde und sich in dieser Bedeutung eingebürgert hat, ist nicht eben glücklich. Denn in welchem Umfange dabei der Inhalt des älteren Nativismus fallen gelassen, empiristische Deutungen herangezogen und als berechtigt anerkannt werden, das wird durch diese Benennung für weite Kreise schwer erkennbar. Hier darf betont werden, daß Beides in einer Weise geschieht, die sich von der in unserer obigen Darstellung vertretenen nur sehr unerheblich unterscheidet.

Der empiristischen Theorie des räumlichen Sehens liegt als allgemeiner Gedanke der zugrunde, daß die Bedeutung psychischer Verarbeitung auch im Gebiete der Sinne sehr hoch zu veranschlagen ist, und daß namentlich auch Eindrücke, die uns mit der vollen Unmittelbarkeit und Zwangsmäßigkeit der Empfindungen ins Bewußtsein treten, sehr wohl ein Ergebnis solcher

Verarbeitungen oder durch sie mitbestimmt sein können. Es handelt sich hier um eine ganz allgemeine Richtung der *Helmholtz*schen Sinnesphysiologie. Sie kommt in seiner Auffassung des räumlichen Sehens am greifbarsten zum Ausdruck; sie ist aber in anderen von *Helmholtz* vertretenen Auffassungen und von ihm entwickelten Theorien gleichfalls erkennbar. Und auch diese werden erst ganz verständlich, wenn sie mit jenen allgemeinen Gedanken in Zusammenhang gebracht werden. In diesem Sinne ist hier zunächst auf die *Kontrasterscheinungen* zurückzukommen, die *Helmholtz*, wie oben erwähnt, in psychologischem Sinne zu deuten und als Urteilstäuschungen zu erklären geneigt war. Daß dies nicht genügt, daß vielmehr feste, relativ einfachen Regeln folgende Zusammenhänge zwischen den Zuständen benachbarter Netzhautstellen stattfinden, wurde oben schon berührt. Eine historische Betrachtung muß zunächst daran erinnern, daß *Helmholtz* auch hier, seinem mehrerwähnten methodologischen Grundsatz gemäß, es für richtig hielt, zunächst auf eine Heranziehung nicht unbedingt erforderlicher Annahmen zu verzichten, die Erklärung der Tatsachen ohne sie zu versuchen und so weit als möglich durchzuführen. Sodann aber ist, wenn wir das Bestehen solcher Zusammenhänge anerkennen, damit keineswegs gesagt, daß die Kontrasterscheinungen restlos und allein hierauf zurückzuführen sind. Vielmehr kann das auch zurzeit nur als sehr wenig wahrscheinlich bezeichnet werden. Denn die Tatsachen, die *Helmholtz* zu einer psychologischen Auffassung des Kontrastes veranlaßten, bleiben durchaus zu Recht bestehen und lehren, daß mindestens ein Teil der hierher gehörigen Erscheinungen sich jenen einfachen Regeln physiologischer Wechselwirkung nicht einordnen läßt. Dahin gehört es z. B., daß die Erscheinungen des Farbenkontrastes dann am glänzendsten und frappierendsten zu beobachten ist, wenn die kontrasterregende Farbe nur in geringer Sättigung vorhanden ist. Auch die auffällige Verminderung des Kontrastes, die eintritt, sobald die kontrastierenden Felder durch eine nur ganz feine Grenzlinie getrennt sind, ist hierher zu rechnen. Endlich aber ist zu beachten, daß der allgemeinen Form des Kontrastes sich eine Fülle von Erscheinungen in zahlreichen Gebieten einordnen. Jedermann weiß, wie die Erhebungen eines Mittelgebirges auf uns einen ganz anderen Eindruck machen, wenn wir uns zuvor im flachen Lande, als wenn wir uns etwa im Hochgebirge aufgehalten haben, wie sie im ersteren Falle sehr ansehnlich, im letzteren auffallend winzig erscheinen. Schöne Beobachtungen von *Mach* haben gezeigt, daß ein Kontrast nicht nur zwischen Hell und Dunkel, sondern auch zwischen der in einer Richtung konstant bleibenden und der in der gleichen Richtung zu- oder abnehmenden Helligkeit stattfindet. Wir begegnen dem Kontrast überall, wo eine Gesamtheit von Be-

wußteinsinhalten sich in eine gleichsinnig fortschreitende Reihe ordnen läßt, und wo wir einzelne Punkte einer solchen Reihe gedächtnismäßig festzuhalten vermögen. Er ist dadurch bedingt, daß wir überall die letztere Fähigkeit nur in beschränktem Maße besitzen, und daher die Wiedererkennung eines jeweiligen Eindrucks ganz bestimmten Verschiebungen unterliegt. Hier handelt es sich also um eine Gesetzmäßigkeit von weit umfassenderer Bedeutung und von ganz anderer Grundlage, als einer einfachen Wechselwirkung benachbarter Teile. Daß bei den gewöhnlichen Erscheinungen des Simultankontrastes auch sie beteiligt ist, ist gewiß sehr wahrscheinlich, wenn wir auch vorderhand nicht übersehen können, wie in den beobachtbaren Erscheinungen ihre Bedeutung sich gegenüber der der einfachen physiologischen Zusammenhänge abgrenzt.

Auch für die Youngsche Theorie der Gesichtsempfindungen gewinnen wir, wie vorhin schon berührt, erst im Zusammenhange mit Helmholtz' allgemeinen psychologischen Anschauungen das richtige Verständnis. Die Untersuchungen hatten gelehrt, daß die optischen Empfindungen sich als Funktion von drei Veränderlichen darstellen lassen. Und es lag nahe, das darauf zurückzuführen, daß das Sehorgan zu drei voneinander unabhängigen Zustandsänderungen befähigt ist. Hielt man nun an der überlieferten Annahme fest, daß auch bei den Sinneswerkzeugen die Reizerfolge nur eine einsinnige Abstufung zulassen, die von Null bis zu irgendwelchen Höchstwerten geht und in der Hauptsache der intensiven Abstufung der Reize parallel geht, so gelangte man ohne weiteres zu der Annahme, daß es sich um drei Bestandteile handeln werde, deren einzelne Betätigung etwa zu den Empfindungen von Rot, Grün und Violett führen muß, während die Empfindung des Weiß auf eine kombinierte Funktion von allen dreien zurückzuführen sein würde. Wenn Helmholtz nun die physiologische Bildung des Sehorgans sich in dieser Weise vorstellte, so kommt darin der vorhin erwähnte Grundgedanke, die hohe Bewertung der erfahrungsmäßigen Ausbildung, auf das deutlichste zur Erscheinung. Denn natürlich konnte er nicht übersehen, daß für die uns unmittelbar geläufige Betrachtung das Weiß nicht als eine Vereinigung von Rot-, Grün- und Blau-Empfindung bezeichnet werden kann. Es erschien ihm aber durchaus zulässig, anzunehmen, daß die optischen Empfindungen zunächst und von Haus aus lediglich eine dreifach bestimmte Mannigfaltigkeit darstellen, die unter rein psychologischen Gesichtspunkten keinen Anlaß für die Heraushebung von Elementen oder ausgezeichneten Punkten bietet, vielmehr, ähnlich wie der Raum durch beliebige Koordinatensysteme, in der verschiedensten Weise mit gleichem Recht eingeteilt und beschrieben werden kann. Und es erschien ihm nicht minder zulässig anzunehmen, daß die ausgezeichnete Bedeutung, die in der üblichen Betrachtung einerseits der farblosen

Empfindungsreihe, andererseits den sogen. reinen Farben zukommt, nicht auf einfache physiologische Grundlagen, sondern auf mancherlei Besonderheiten empirischer Ausbildung zurückzuführen sei.

Auch in dieser Hinsicht haben sich nun die Tatsachen bis zu einem gewissen Grade geklärt oder mindestens die Meinungen befestigt. Wohl ohne Widerspruch wird angenommen, daß den farblosen Empfindungen eine von Haus aus durch die physiologischen Einrichtungen gegebene Sonderstellung zuzuschreiben ist, und daß ihnen, wie sie sich im psychologischen Sinne als etwas Einheitliches darstellen, so auch ein einheitlicher physiologischer Vorgang zugrunde liegt. Es wird dies, wenn wir von den rein psychologischen Tatsachen absehen, vor allem dadurch wahrscheinlich gemacht, daß wir zahlreiche Formen des Sehens kennen, wo bei Ausfall der farbigen Bestimmungen allein die Fähigkeit, farbloses Hell und Dunkel zu empfinden, erhalten ist. Der bemerkenswerteste Fall dieser Art ist das schon erwähnte Dämmerungssehen, das Sehen in sehr schwachem Licht und mit dunkeladaptiertem Auge. Da wir überdies entscheidende Gründe für die Annahme haben, daß ein bestimmter Teil der Netzhaut, die Stäbchen, lediglich zu dieser Art des Sehens befähigt ist, so hebt sich dies in der Tat mit größter Deutlichkeit als etwas Einheitliches heraus. Nicht ganz im gleichen Maße geklärt sind die Verhältnisse der Farbenempfindung. Zwar neigt man allgemein dazu, nach dem Vorgange von Aubert die schon in der Sprache durch einheitliche Benennung herausgehobenen Hauptfarben Gelb und Blau, Rot und Grün als irgendwie physiologisch ausgezeichnete zu betrachten und dabei einerseits zwischen Gelb und Blau, andererseits zwischen Rot und Grün irgendein Verhältnis des Gegensatzes anzunehmen. Während aber über die Festlegung des im psychologischen Sinn reinen Blau und Gelb die Meinungen nur wenig auseinandergehen, ist dies sehr beträchtlich hinsichtlich des Rot und Grün der Fall. Lange war man geneigt, ein Rot und Grün als rein in Anspruch zu nehmen, die komplementär sind, und somit im Rot-Grün ebenso wie im Gelb und Blau gewissermaßen eine Teilung des Weißprozesses zu erblicken. Vielfach wird jetzt behauptet, daß ein komplementäres Rot und Grün ausgesprochen bläulich sei. Man neigt daher dazu, als rein ein Rot und Grün zu betrachten, die gemischt Gelb ergeben, und in der Rot- und Grünempfindung eine Spaltung des Gelbprozesses zu erblicken. Hierin liegt ein tiefgreifender Unterschied, der vielleicht geeignet ist, den ganzen Grundgedanken einer physiologischen Festlegung der „reinen Farben“ etwas verdächtig zu machen.

Wichtiger ist, daß noch in einer andern Hinsicht eine gewisse Übereinstimmung sich anzubahnen scheint. Nehmen wir auch an, daß das Sehorgan (genauer gesagt sein farbentüchtiger Bestandteil) sich in drei mehr oder weniger

selbständige Bestandteile gliedert, die der farblosen Helligkeitsempfindung, dem Gelb-Blau-Sehen und dem Rot-Grün-Sehen dienen, so ist doch wohl nicht anzunehmen, daß damit die Bildung des Organs in allen seinen Teilen erschöpfend angegeben ist. Die Sehsubstanzen, deren Vorgänge unmittelbar für die Empfindungen bestimmend sind, werden wir ja in den Nervenzellen gewisser Partien der Hirnrinde lokalisiert denken müssen. Was für sie gilt, darf auf die Vorgänge in den Fasern des Sehnerven, in der Netzhaut, vor allem auf diejenigen Gebilde, die die unmittelbaren Angriffspunkte des Lichts sind, nicht ohne weiteres übertragen werden. Zurzeit kann als wahrscheinlich gelten, daß gewisse Störungen des Farbensinns gerade darauf zurückzuführen sind, daß diese *peripheren Gebilde* von der Norm abweichen¹⁾. Können wir in dieser Weise skizzieren, wie die Physiologie im allgemeinen, trotz beträchtlicher Meinungsunterschiede im einzelnen, gegenwärtig den Problemen der Gesichtsempfindungen gegenübersteht, so haben wir damit auch eine genügende Grundlage, um zu übersehen, was uns z. Z. die von Helmholtz herührenden Anregungen und Gedanken bedeuten. Das Ergebnis einer solchen Erwägung ist sehr ähnlich demjenigen, zu dem wir auch bei der Betrachtung des räumlichen Sehens gelangten. Wir finden uns auch hier vor eine *Aufgabe* gestellt, die von Helmholtz in größter Klarheit erfaßt und dargelegt wurde, deren Lösung aber, wenn sie auch in gewissen Umrissen zutreffend vorgezeichnet wurde, ihm nicht gelungen ist, und die wirklich zu bewältigen erst weiteren, vielleicht noch fernen Untersuchungen vorbehalten sein wird. Sie besteht in der Erklärung der Tatsache, daß *die durch das Licht auf unser Sehorgan auszuübenden Wirkungen sich als Funktion von drei Veränderlichen darstellen lassen*. Es entsprach der mathematisch-physikalischen Denkweise, die für Helmholtz charakteristisch ist, daß diese Tatsache im Mittelpunkt seines Interesses stand; es entspricht seiner Ansicht von der Bedeutung erfahrungsmäßiger Ausbildungen, daß er es nicht als Widerspruch oder Lücke empfand, wenn in seiner Theorie des Sehorgans für die prinzipialen Farben keine physiologische Grundlage gegeben war. Es entspricht wiederum der stark psychologischen Richtung, die sich in der Sinnesphysiologie neuerdings verbreitet hat, wenn die Aufmerksamkeit ganz vorzugsweise auf die Punkte gerichtet wird, in denen die Helmholtzsche Theorie sich in der Tat als unzulänglich oder vielleicht nur unvollständig erwiesen hat, und daß gerade jener fundamentalen Tatsache

weniger Beachtung geschenkt wird. Denn wir müssen beachten, daß diese Tatsache zunächst unerklärt bleibt, wenn wir eine Gliederung des Sehorgans im Anschluß an die Tatsachen der Farbenpsychologie annehmen. Denken wir uns, entsprechend den 6 „prinzipialen Empfindungen“ das Sehorgan zu 6 unabhängigen Vorgängen befähigt, so wären dann auch 6 Arten von Reizerfolgen anzunehmen, und es erscheint zunächst möglich, daß die Reizerfolge eine 6-fach bestimmte Mannigfaltigkeit bilden. Diese würde sich auf eine 5-fache reduzieren, wenn, wie die Tatsachen lehren, es kein Licht gibt, das die Schwarzempfindung direkt hervorruft oder verstärkt, somit *eine* der 6 Erfolgsarten in Wegfall kommt. Daß aber die dann noch anzunehmenden fünf sich als Funktion von drei Veränderlichen darstellen lassen, bleibt zunächst unerklärt¹⁾. Eine in der Hauptsache psychologisch orientierte Betrachtung der Sinne kann sich hierüber hinwegsetzen. Aber die Physiologie wird sich der hier ungelöst gebliebenen Aufgabe auf die Dauer nicht entziehen können. Und sie wird sich dann notwendig wieder in den Gedankengängen von Helmholtz bewegen müssen. Vielleicht aber wird auch hier die Bedeutung der ganzen Aufgabe und damit auch der Helmholtzschen Überlegungen erst dann wieder in vollem Maße übersehen und gewürdigt werden, wenn sich der Untersuchung einmal ein neuer Weg eröffnet und wir damit unmittelbar vor ihre Lösung gestellt werden, wenn wir z. B. in die Lage kommen, die unmittelbaren Erfolge der Belichtung im Sehorgan auch in den Substraten des farhentüchtigen Sehens, den Zapfen, objektiv zu beobachten.

Es wurde vorhin schon erwähnt, daß, ähnlich wie die Untersuchung des Gesichtssinnes, so auch die des Gehörs zunächst auf physikalische Probleme führte. Handelte es sich dort um optische Fragen, so kamen hier mechanische ins Spiel. In allgemeinen physikalischen Theoremen, namentlich den Gesetzen des Mitschwingens, war hier ebenfalls ein bestimmter Ausgangspunkt gegeben. Gleichwohl begegnete hier die physikalische Untersuchung des peripheren Sinneswerks weit größeren Schwierigkeiten. Nach den anatomisch zutage liegenden Einrichtungen des Organs konnte zwar kein Zweifel darüber bestehen, daß die Schwingungen der Luft zunächst das Trommelfell in Mitbewegung versetzen, dann durch dessen Vermittlung auf die Gehörknöchel-

¹⁾ Das trifft z. B. für die sogen. *anormalen Trichromaten* zu, für die, wie Lord Rayleigh entdeckte, reines Rot und Grün in anderem Verhältnis als für die meisten Personen gemischt werden muß, um dem Natrium-Gelb gleich auszusehen, und die zwar nicht farbenblind sind, wohl aber einen eigenartig herabgesetzten Farbensinn besitzen.

¹⁾ Auf den ersten Blick liegt freilich der Versuch sehr nahe, diese Erklärung darin zu finden, daß Gelb- und Blauwirkung, ebenso Rot- und Grünwirkung sich ausschließen, also etwa als positive und negative Werte einer Veränderlichen zu betrachten wären. Diese Annahme ist jedoch mit spezielleren Tatsachen, namentlich denjenigen der Umstimmung, unvereinbar. Doch würde eine genauere Darlegung dieser Verhältnisse hier zu weit führen. Vgl. darüber Nagels Handbuch der Physiologie Bd. III, S. 219 und die dort angeführte Literatur.

chen, schließlich durch diese auf die Teile des inneren Ohres übertragen werden. Aber schon die Mechanik des Trommelfells führt auf eigenartige Probleme. Es war zunächst zu fragen, worauf sein weiter Resonanzbereich beruht, d. h. wie es kommt, daß es durch Schwingungen aller verschiedenster Frequenz in Mitbewegung gebracht werden kann. Sodann fragt sich auch, in welchen Größenverhältnissen es die Bewegungen der Luftteilchen auf die Gehörknöchelchen überträgt. Ob die Erklärung, die Helmholtz in der ersteren Hinsicht gab, zutrifft, ist wohl auch zurzeit nicht mit voller Sicherheit zu sagen. Daß die Mechanik des Trommelfells der eines stark ungleicharmigen Hebels zu vergleichen ist, daß es also die Bewegungen der Luftteilchen mit vermehrter Kraft und entsprechend verminderter Amplitude überträgt, wird auch gegenwärtig noch für richtig gehalten. Im Hinblick auf die neueren Erfahrungen, die lehren, daß Bewegungen der inneren Teile des Ohres von erstaunlich geringem Umfange schon genügen, merkliche Gehörsempfindungen auszulösen, hat dieses Ergebnis erhöhtes Interesse gewonnen. — Auf noch größere Schwierigkeiten stößt der Versuch, die Bewegungen in das innere Gehörorgan hineinzufolgen. Denn die sehr verwickelten anatomischen Verhältnisse geben hier nur wenig Anhalt. An den Anschauungen, zu denen Helmholtz gelangte, haben denn auch diejenigen Tatsachen einen großen Anteil, die sich bei der Beobachtung der Empfindungen selbst und namentlich aus der Abhängigkeit ergeben, in der sie von der Art des Reizes stehen. Seit lange war bekannt, daß ein Ton von bestimmter Höhe und Stärke doch noch verschieden klingt, je nachdem er auf der Klarinette geblasen, auf der Geige angestrichen, von einer menschlichen Stimme gesungen wird usw. Und man sprach hier von Unterschieden der *Klangfarbe*, des *Timbres*. Schon per exclusionem ließ sich wahrscheinlich machen, daß diese Unterschiede in derjenigen Besonderheit der Schwingungen ihren Grund haben, die, wenn Frequenz und Amplitude gegeben, damit also Tonhöhe und Stärke bestimmt sind, noch veränderlich ist. Dies ist der genauere zeitliche Verlauf, die *Form* der Schwingung. Daß diese in der Tat je nach der besonderen Natur des schallgebenden Körpers sehr verschieden sein kann, ließ sich in geeigneten Fällen leicht bestätigen. Auf der andern Seite hatte die mathematische Theorie gelehrt, periodische Vorgänge jeder beliebigen Form als sogen. Fouriersche Reihen darzustellen und damit auf solche von einer ganz bestimmten Form, sogen. *einfache oder Sinusschwingungen* zurückzuführen. In bekannter Weise stellen die aufeinanderfolgenden Glieder einer solchen Reihe Schwingungen dar, deren Frequenzen die ganzen Vielfachen eines geringsten Wertes sind. Hatte nun diese Fouriersche Analyse zunächst nur die Bedeutung, eine verhältnismäßig einfache *Beschreibung* beliebiger

Schwingungsformen zu gestatten, so zeigte sich weiter, daß ihr auch eine ebenso einfache wie wichtige mechanische Bedeutung zukommt. Die Mitschwingungserfolge, die durch eine periodisch wechselnde Kraft hervorgebracht werden, richten sich danach, was in jenen periodischen Antrieben an einfachen Schwingungen enthalten ist. Ganz im allgemeinen kann daher ein Körper, der n Schwingungen in der Sekunde ausführt, nicht bloß einen auf die gleiche, sondern auch einen auf die doppelte, dreifache Schwingungszahl abgestimmten in ausgiebige Mitbewegung versetzen. Die Verbindung der physiologischen Tatsachen mit den physikalischen Gesetzen führte auf die unter dem Namen der *Resonanztheorie* bekannt und berühmt gewordene Vorstellung von der Einrichtung des inneren Ohres, die wohl auch speziell als eine Theorie der Klangfarbe bezeichnet wird. Sie besteht darin, daß wir uns die zahlreichen Fasern des N. cochlearis einerseits mit Rezeptoren in Verbindung gesetzt denken, die auf alle möglichen Schwingungen abgestimmt sind, während andererseits jede Faser befähigt ist, durch ihre Erregung eine Tonempfindung von ganz bestimmter Höhe hervorzurufen. Eine Schwingung von der Frequenz n wird dann stets die auf die gleiche Frequenz abgestimmten Endapparate, aber in mannigfachen, durch ihre Form bestimmten Stärkeverhältnissen auch die auf ganz Vielfachen von n abgestimmten Endapparate in Mitbewegung versetzen. In der Empfindung aber wird sich die des tiefsten, des *Grundtons* mit der der entsprechenden höheren, der *Obertöne* verbinden. — Eine positive Stütze fand die Resonanztheorie in der anatomischen Tatsache, daß die Basilarmembran der Schnecke, auf der die Rezeptoren aufsitzen, mit der von der Basis zur Spitze zunehmenden Länge ihrer Fasern unmittelbar an die Saiten eines Klaviers oder einer Harfe erinnert. Was wir hier sehen, steht mit der Annahme einer Anzahl auf verschiedene Eigenschwingungen abgestimmter Apparate in bester Übereinstimmung. Nicht minder wichtig ist, daß, wiewohl die Klänge beliebiger schallgebender Körper uns zunächst in der Regel einen durchaus einheitlichen Eindruck machen, wir bei geeignetem Verfahren doch dazu gelangen, die Obertöne herauszuhören. Und ebenso gelingt es, auch wenn wir durch verschiedene Instrumente eine Anzahl einzelner Töne hervorbringen, deren Schwingungszahlen die ganzen Vielfachen eines kleinsten Wertes sind, den Eindruck eines *einheitlichen Klanges* hervorzubringen.

Die Theorie der Klangfarbe führte noch zu einer weiteren sehr bedeutungsvollen Folgerung. Seit alten Zeiten ist bekannt, daß beim Zusammenklänge zweier Töne psychologisch verschiedene Erscheinungen beobachtet werden, die sich nach dem numerischen Verhältnis ihrer Schwingungszahlen bestimmen. Wir erhalten den ästhetischen Eindruck der *Konsonanz*, eines

Zusammenpassens, wenn das Verhältnis der Schwingungszahlen durch kleine ganze Zahlen darstellbar ist, 1 : 2, 2 : 3 usw. Wir erhalten den entgegengesetzten Eindruck der *Dissonanz*, einen ästhetisch unangenehmen, wenn die Schwingungszahlen nicht in einem solchen Verhältnis stehen. Bei der Frage nach dem Grund dieser Erscheinungen konnte man zunächst davon ausgehen, daß, wenn zwei Töne gleichzeitig erklingen, deren Schwingungszahlen wenig verschieden sind, sich bekannten physikalischen Verhältnissen zufolge die Erscheinung der *Schwebungen* oder *Stöße* ergibt, ein schnell wechselndes Zu- und Abnehmen der Tonstärke, dem optischen Flimmern vergleichbar, figürlich wohl als *Rauhigkeit* bezeichnet. Man kann hierin den Grund für die ästhetische Bevorzugung eines reinen gegenüber einem mehr oder weniger verstimmten Unisono erblicken. Ist nun jeder Ton von einer Anzahl von Obertönen begleitet, so entstehen Schwebungen zwischen diesen auch dann, wenn *diese Obertöne* annähernd, aber nicht genau gleiche Schwingungszahlen besitzen. Sie fallen fort, wenn die Obertöne genau zusammenfallen. Und dies ist der Fall, wenn die Schwingungszahlen der Grundtöne in einem durch kleine ganze Zahlen darstellbaren Verhältnis stehen. So gelangte *Helmholtz* dazu, die Erscheinungen der Konsonanz und Dissonanz, die eigenartige Bedeutung der „reinen Intervalle“, auf die Erscheinung der Schwebungen zurückzuführen.

Fragen wir, wie die Theorie jetzt beurteilt wird und welche Bedeutung sie zurzeit für uns besitzt, so darf nicht verschwiegen werden, daß auch sie mancherlei Bedenken und Einsprüche begegnet ist; ja es fehlt nicht an Versuchen, sie durch ganz andersartige Theorien zu ersetzen. Gleichwohl ist sie ohne Zweifel diejenige, die von der Mehrzahl der Forscher für die beachtenswerteste und wahrscheinlichste gehalten wird. Eine eingehende Darstellung alles Pro und Contra liegt hier natürlich außer unserer Aufgabe. Ich darf mich darauf beschränken, in kurzem Hinweis anzugeben, in welchen Richtungen überhaupt die gegen die Resonanztheorie erhobenen Bedenken sich bewegen. Es handelt sich dabei vornehmlich um zweierlei Dinge, einerseits um Punkte von wesentlich physikalischer, andererseits um solche von psychologischer Bedeutung.

Zunächst gibt es mancherlei Formen der schallgebenden Luftbewegung, bei denen sich die tatsächlich zu beobachtenden Hörerfolge nicht in der einfachen vorhin skizzierten Weise aus der Theorie herleiten lassen. Dahin gehören schon die von *Helmholtz* eingehend untersuchten Fälle des Zusammenklingens zweier Töne mit den Erscheinungen der Stöße (Schwebungen) und der Kombinationstöne. Es gehört dahin aber auch z. B. der Fall, daß eine Schwingung von der Frequenz n dauernd stattfindet, die Größe ihrer Am-

plitude aber rhythmisch wechselt, etwa x mal in der Sekunde zu- und wieder abnimmt. Man hört in diesen Fällen einen Ton von derjenigen Höhe, die einer Schwingungsfrequenz x entspricht. — Als ein hierher gehöriger Gegenstand von besonderem physiologischen Interesse sind ferner die *Vokalklänge* zu erwähnen. In bezug auf diese war *Helmholtz* zu der Theorie der „charakteristischen Tönhöhen“ gelangt. Ein Klang erhält den Vokalcharakter dadurch, daß neben dem Grundton noch ein anderer Ton von annähernd bestimmter Höhe vorzugsweise stark gehört wird. Die Höhe dieses charakteristischen Tones ist für die einzelnen Vokale verschieden, am tiefsten für U, stufenweise höher für O, A, E und I. — Daß diese Theorie im wesentlichen das Richtige trifft, unterliegt keinem Zweifel. Es folgt namentlich aus den Versuchen, die Vokalklänge synthetisch herzustellen, die in jüngster Zeit Herrn *Stumpf* mit Pfeifen in noch vollkommener Weise als seinerzeit *Helmholtz* selbst mit Stimmgabeln gelungen sind. Auf der anderen Seite haben aber die schönen, mit Hilfe des Phonographen ausgeführten Versuche *Hermanns* gelehrt, daß die den Vokalklängen zugrunde liegende Luftbewegung wenigstens bei den sogen. tiefen Vokalen von der vorhin erwähnten eigenartigen Form ist. Wir beobachten eine Schwingung von der Frequenz n , deren Amplitude x mal in der Sekunde zu- und abnimmt. Gehört wird dabei ein Ton von derjenigen Höhe, die der Schwingungszahl x entspricht, mit dem durch die Schwingungszahl n bestimmten Vokalcharakter. — Endlich ist hier der Ort, an die ganz andere Gruppe von Gehörsempfindungen zu erinnern, die durch *nicht periodische* Luftbewegungen hervorgebracht werden, die *Geräusche*.

Diese und eine Reihe ähnlicher Erscheinungen lassen sich aus der Resonanztheorie nicht ohne weiteres ableiten; aber sie stehen auch nicht etwa mit ihr im Widerspruch. Dies rührt daher, daß der Grundgedanke der Theorie keineswegs die ganze Einrichtung des Organs erschöpfend festlegt, sondern in mehreren Hinsichten noch verschiedenen Ausgestaltungen Raum gibt. Dies ist zunächst insofern der Fall, als die Frage offen bleibt, welchen *Dämpfungsgrad* und, was damit zusammenhängt, welchen *Resonanzbereich* wir den einzelnen mitschwingenden Gebilden zuzuschreiben haben. Aber auch in bezug auf die Art, wie die Erfolge in den Rezeptoren und die nervösen Erregungsvorgänge von den Schwingungen abhängen, erscheinen zunächst sehr verschiedene Vorstellungen möglich. Und endlich ist es zwar eine unerläßliche Grundannahme der Theorie, daß die Höhe des gehörten Tons sich danach bestimmt, welche Rezeptoren und welche Nervenfasern in Tätigkeit gebracht werden; aber auch diese Vorstellung gestattet noch verschiedene speziellere Durchführungen. — Diesem Sachverhalt entspricht es, daß auch gegenwärtig mit Ausdauer und Scharfsinn daran gearbeitet

wird, die Resonanztheorie so auszubauen, daß sie allen jenen Erscheinungen gerecht wird. Ob dies gelingt, entzieht sich zurzeit einer sicheren Beurteilung; wir haben aber keinerlei Grund, es für unwahrscheinlich zu halten.

Während die eben besprochenen Tatsachen wesentlich auf physikalische Fragen führen, hat sich auch im Hinblick auf psychologische Verhältnisse der Anlaß geboten, an Modifikationen oder mindestens Ergänzungen der Theorie zu denken. Namentlich *Stumpf* hat betont, daß die *Verschmelzung* zu einem einheitlichen Klange nur dann stattfindet, wenn die Schwingungszahlen der höheren Töne ein ganzes Vielfaches von derjenigen des tiefsten, des Grundtons beträgt. Man kann hieran die Folgerung knüpfen, daß in diesen Fällen die Empfindungen in besonderen, durch ihre Natur unmittelbar gegebenen Beziehungen stehen. Hiermit aber gelangt man zu einer Annahme von großer Wichtigkeit und weitgehenden Konsequenzen. Bestehen zwischen den Tonempfindungen verschiedener Höhe feste psychologische Beziehungen, die wiederum mit dem Verhältnis der Schwingungszahlen in einfachem Zusammenhange stehen, so liegt es vor allem nahe, hierin auch den Grund für die große Bedeutung zu finden, die das Verhältnis der Schwingungszahlen, das *Intervall*, auch dann besitzt, wenn Töne *nacheinander* gehört werden, den Grund für die *melodische Bedeutung* des Intervalls. Es liegt aber nicht minder nahe, auch für jene Beziehungen noch einen tieferen Grund zu suchen. Er kann darin gefunden werden, daß die Art der nervösen Vorgänge selbst sich nach der Natur der sie hervorruhenden äußeren Vorgänge richtet, namentlich der Rhythmus des eine Empfindung erzeugenden Vorganges auch in den sich anschließenden nervösen Vorgängen als irgendeine Periodizität von gleicher Frequenz zur Geltung kommt. Unzweifelhaft hat diese Vorstellung in mancher Hinsicht etwas sehr Ansprechendes. Denn für die grundlegende Bedeutung des Intervalls auch in der melodischen Tonfolge scheint sich hier ein befriedigendes Verständnis zu ergeben, während es immer schwer glaublich erschienen ist, daß sie lediglich indirekt aus den Verhältnissen der Konsonanz und Dissonanz sich entwickeln soll, namentlich wenn diese auch wiederum nicht auf direkt gegebene psychologische Beziehungen, sondern auf die Nebenerscheinungen der Schwebungen und der Rauigkeit zurückgeführt werden. Auf der anderen Seite begegnet aber auch die Vorstellung, daß der nervöse Prozeß und damit die Empfindung direkt durch die Periodizität der Schallbewegung bestimmt werden, großen Bedenken. Namentlich ist hier das nicht seltene Vorkommen eines Ungleichhörens mit beiden Ohren zu erwähnen. Erregt die Schwingung derselben Frequenz mittels des rechten Ohres eine deutlich höhere Empfindung als durch das linke, so kann offenbar die Empfindung nicht in

der eben berührten direkten Weise durch die Periodizität des äußeren Vorganges bestimmt werden. — Wir stehen hier vor mancherlei noch offenen Fragen, deren weitere Erörterung sich hier verbietet. Nicht ohne Interesse ist es aber, darauf hinzuweisen, wie auch hier in den Anschauungen, zu denen *Helmholtz* gelangt, die empiristische Richtung seiner Psychologie erkennbar ist. Er fand kein Bedenken in der Annahme, daß die psychologische Bedeutung der Schwingungszahlverhältnisse, besonders der reinen Intervalle, wiewohl sie den Eindruck macht, ganz unmittelbar und zwingend gegeben zu sein, doch keine einfache, sie unmittelbar bestimmende Grundlage besitzt, sondern sich auf Grund ihres Zusammenhanges mit den Verhältnissen der Rauigkeit und der Schwebungen entwickelt, also etwas *Erworbenes* darstellt.

Die zuletzt behandelten Fragen führen noch auf einen Punkt von weitergehender Bedeutung. Unsere Betrachtung der Gedankenwelt, in der *Helmholtz* als Sinnesphysiolog lebte, würde nicht vollständig sein, wenn wir nicht des Begriffes der *spezifischen Energien* gedenken. *Joh. Müller* hatte durch diesen Namen die Meinung festlegen wollen, daß jeder Sinnesnerv, wie immer er auch in Funktion gebracht wird, nur eine ganz bestimmte Art von Empfindungen hervorzurufen befähigt sei. Diese Anschauung wurde gestützt, zugleich aber auch in speziellerer Gestaltung weitergeführt durch die Annahme, daß die Beschaffenheit der Nervenfasern überall die nämliche sei, und daher die Unterschiede der Empfindungserfolge nur auf der Ungleichheit der Gehirnteile beruht, mit denen die einzelnen Sinnesnerven in Verbindung stehen. Unentschieden blieb hierbei zunächst, wie diejenigen Ungleichheiten der Empfindung zustande kommen, die innerhalb des einzelnen Sinnesgebietes vorkommen, die der Farbe beim Gesichtssinn, der Tonhöhe beim Gehör usw. Die Erfahrung schien nun damals dafür zu sprechen, daß auch jede Nervenfaser nur zu einer ganz bestimmten, lediglich der Stärke nach abstufbaren Zustandsänderung befähigt sei. Ist dies der Fall, so können die qualitativen Unterschiede der Empfindung, die innerhalb eines und desselben Sinnes vorkommen, nur darauf beruhen, daß verschiedene Faserarten in wechselnden Stärkeverhältnissen in Tätigkeit gebracht werden. Andererseits aber ist auch die Leistung der einzelnen Faser nicht allein in dem Sinne festgelegt, daß sie nur optische, akustische Empfindungen usw. hervorzurufen vermag, sondern auch in dem weiteren, daß sie eine Empfindung nur von ganz bestimmter Qualität, eine Gesichtsempfindung von bestimmter Farbe, eine Tonempfindung von bestimmter Höhe usw. hervorzurufen befähigt ist. Bei dieser Auffassung haben daher die innerhalb des einzelnen Sinnes gegebenen Empfindungsunterschiede, die der „Qualität“, ganz die näm-

liche Grundlage wie die zwischen den verschiedenen Sinnen bestehenden, die *Helmholtz* als Unterschiede der „*Modalität*“ bezeichnete. Die Lehre von den spezifischen Energien ist damit noch weitergeführt, der zunächst nur auf die Modalitäten angewandte Gedanke auch auf die Qualitätsverhältnisse ausgedehnt.

Auch die erwähnten Anschauungen von der Natur der Nervenfasern und ihrer Funktionen erfreut sich zurzeit keineswegs ungeteilter Zustimmung. Im Hinblick auf die Verhältnisse der Stammesentwicklung neigen viele Forscher zu der Ansicht, daß sich die *gesamten Sinnesorgane*, also ihre in der Peripherie gelegenen Rezeptoren, die verbindenden Nervenfasern und ihre die Empfindungen bestimmenden zerebralen Teile bestimmten Arten äußerer Vorgänge angepaßt haben, daß also die einzelnen Sinneswerkzeuge in *allen* diesen Teilen untereinander verschieden seien. Aber auch ob die einzelne Faser immer nur zu *einer*, allein dem Grade nach abstufbaren Tätigkeit oder etwa zu mannigfacheren Zustandsänderungen befähigt ist, wird verschieden beurteilt und läßt sich zurzeit nicht mit Sicherheit entscheiden. Auch hier also erscheinen Anschauungen erschüttert, die zwar nicht auf *Helmholtz* als ihren Urheber zurückgehen, die er aber doch aufgenommen und weiterentwickelt hat und die zu den ihm selbst eigenen Ideen in der nächsten Beziehung stehen.

Versuchen wir im ganzen zu überblicken, welche Stellung *Helmholtz*sche Arbeit und *Helmholtz*sche Gedanken in der Physiologie gegenwärtig einnehmen, so drängen sich Erwägungen auf, die von allgemeinerer Bedeutung sind. Der Fortschritt des Naturerkennens vollzieht sich in doppelter Weise. Unser positives Wissen wird durch jede sorgfältige und vollständige Beobachtung vermehrt. Es stellt einen Bau dar, dessen stetiges Wachstum dem ununterbrochenen Fortgang in gerader Bahn ähnelt. Die Entwicklung der allgemeinen Gedanken aber, durch die dieser Bau Festigkeit, Übersichtlichkeit und Zusammenhang gewinnt und eigentlich erst seinen Wert erhält, bewegt sich in vielfach verschlungenen Linien und kann einem hin und her wogenden Wellenschlag verglichen werden. Es gibt keinen großen Naturforscher, dessen Arbeit nicht sowohl von der einen wie von der andern Art gewesen wäre, und an dessen Lebenswerk nicht das eine wie das andere Schicksal bemerkbar wäre. Das trifft auch für *Helmholtz* zu. Was er uns an Methoden geschenkt, an positiven Tatsachen kennen gelehrt hat, das bleibt unverlierbarer Besitz der physiologischen Wissenschaft; es wird ge-

schätzt und bewundert werden, solange es eine solche Wissenschaft gibt. Seine weitblickenden Gedanken dagegen und die physiologischen Theorien, zu denen sie sich verkörperten: wie vielen Zweifeln und Widersprüchen sind sie begegnet, wie vielfach sind ihre Grundlagen ins Wanken gekommen! Wir dürfen vermuten, daß sie in gewissem Umfange, ja gerade in ihrem eigentlichen Kern, sich auf die Dauer doch als zutreffend und fruchtbar erweisen werden; und wir dürfen vielleicht behaupten, daß ihre Bedeutung auch für Gegenwart und Zukunft weit größer ist als das, manchen Zeitströmungen zufolge, gerade jetzt den Anschein hat. Aber wir können uns ebensowenig der Einsicht verschließen, daß sie eingreifende Beschränkungen, Wandlungen und Umdeutungen erfahren werden und schon erfahren haben. Selbst das Energieprinzip macht hier keine Ausnahme. Freilich sind wir wohl geneigt, es als einen für alle Zeiten gelegten Grundstein unseres Naturerkennens zu betrachten. Die genaue Auffassung aber seines Inhalts und seiner Begründung hat doch auch große Wandlungen durchgemacht, die vielleicht ihr Ende noch nicht erreicht haben. Gleichwohl, wenn in ferner Zeit eine rückblickende Betrachtung sich vergegenwärtigt, was *Helmholtz* für die Physiologie gewesen ist, so wird ihr als Hauptsache doch nicht die Bereicherung des rein tatsächlichen Wissensmaterials erscheinen, sondern die lichtvollen und kühnen Ideen, durch die in ausgedehnte Forschungsgebiete eine Fülle von Befruchtung und Anregung hineingetragen, Zustimmung und Widerspruch ausgelöst, neue Wege gewiesen und neue Aufgaben gestellt wurden. Die historische Betrachtung wird sich, wenn sie vollständig sein will, die nicht leichte Aufgabe stellen müssen, bedeutende Gedanken nicht nur in ihrer ursprünglichen Gestalt zu verfolgen, sondern ihnen auch in ihren Wandlungen und entfernteren Auswirkungen nachzugehen. Nur wenn sie so verfährt, kann sie uns ein zutreffendes Bild von der Bedeutung geben, die dem Lebenswerk eines großen Forschers zukommt. Freilich, auch wenn wir uns bemühen, in solcher Weise in den Entwicklungsgang einer Wissenschaft einzudringen und den Zusammenhang ihrer Phasen zu verstehen, ja vielleicht um so mehr, je besser uns das gelingt, werden wir immer wieder inne werden, daß es der Naturforschung, vor allem der Biologie, nicht gegeben ist, Gebäude für die Ewigkeit zu errichten, und daß auch die großen Gedanken führender Geister nur ein Material sind, das im Fortgange des Naturerkennens verarbeitet und verbraucht zu werden bestimmt ist.

Helmholtz als Physiker.

Von W. Wien, München.

Wenn wir die physikalischen Arbeiten von *Helmholtz* rückschauend zu betrachten und ihre Bedeutung für die gegenwärtige Physik zu würdigen unternehmen, so treten wir dem Lebenswerk des großen Naturforschers besonders nahe, weil die Physik seine eigentliche Wissenschaft war und physikalische Methoden in die anderen Wissenschaften von ihm getragen wurden, in denen er forschend tätig war. So hat er der Physiologie, die lange Jahre das von ihm offiziell vertretene Fach war, unzweifelhaft einen physikalischen Stempel aufgedrückt. Von seinen physiologischen Arbeiten wurde er immer wieder zu physikalischen Problemen geführt, bis er sich schließlich ganz der Physik widmete und dann nur noch physikalische Probleme behandelte. So bedeutend seine anatomischen, physiologischen, erkenntnistheoretischen, mathematischen Leistungen auch immer sein mögen, *Helmholtz* war doch vorzugsweise Physiker, und die Hauptleistungen seines wissenschaftlichen Lebens gehören der Physik an.

Es ist für die jetzt lebende jüngere Generation der Physiker nicht leicht, sich eine Vorstellung von der überragenden wissenschaftlichen Stellung zu bilden, die *Helmholtz* in den letzten Jahrzehnten seines Lebens einnahm. Es gab damals wohl kein physikalisches Problem, das er nicht durchdacht und über dessen Behandlungsweise er sich nicht ein bestimmtes Urteil gebildet hätte. Den heutigen Physikern sind die *Helmholtz*schen Leistungen schon so sehr zum wissenschaftlichen Rüstzeug geworden, daß sie sich ihrer Herkunft vielfach nicht mehr bewußt wird. Um so wichtiger ist es heute, zur Feier seines hundertsten Geburtstages, sich die Leistungen ins Gedächtnis zurückzurufen, welche die Wissenschaft ihm verdankt.

Die erste wissenschaftliche Leistung war eine Abhandlung des jungen Mediziners auf dem Gebiete der theoretischen Physik, und sie ist eine der bedeutendsten nicht nur von *Helmholtz*, sondern der Physik des neunzehnten Jahrhunderts gewesen, die berühmte Untersuchung über die Erhaltung der Kraft. Wenn auch mit Recht *Robert Mayer* als Entdecker des Gesetzes von der Erhaltung der Energie gilt, wenn auch *Joule* die experimentellen Beweise für das mechanische Wärmeäquivalent geliefert hat, so war es doch *Helmholtz*, der zeigte, in welcher Weise das Gesetz für die verschiedensten Gebiete der Physik gültig ist. Er hat damit der theoretischen Physik recht eigentlich das Werkzeug geliefert, dessen sie auf Schritt und Tritt bedarf und dessen Bedeutung mit den Fortschritten der Wissenschaft immer nur gewachsen ist. Wenn wir nur auf die allerneuesten Theorien blicken, überall hat der Satz der Erhaltung der Energie, zum Teil in

neuer Gestalt, seine Bedeutung, wenn er nicht, wie bei dem Bohrschen Quantensatz, überhaupt die Grundlage der ganzen Betrachtungsweise bildet. In der Schrift über die Erhaltung der Energie sind aber auch für die Experimentalphysik äußerst wichtige Folgerungen gezogen. So hat *Helmholtz* aus dem Prinzip der Erhaltung der Energie die elektrischen Schwingungen beim Entladen einer Leydener Flasche vorausgesagt.

In der Aufstellung des Satzes von der Erhaltung der Energie zeigt sich schon eine der von *Helmholtz* besonders erfolgreich angewandten Arbeitsmethoden, der wir später noch oft begegnen, nämlich die Verallgemeinerung. Die eigentliche Leistung bei der Entdeckung des Energiegesetzes bestand eben darin, einen in der Mechanik schon längst bekannten Satz auch auf die anderen Gebiete der Physik auszudehnen. So einfach dieser Weg scheint, um zu neuer Erkenntnis zu gelangen, so schwierig gestaltet er sich in Wirklichkeit. Es gehört ein ungemein scharfer Blick dazu, um zu erkennen, wo sich die bisherigen theoretischen Gesetze weiter verallgemeinern lassen.

Als eine Verallgemeinerung der bisherigen Erkenntnis muß man auch die Aufdeckung der Möglichkeit einer nichteuklidischen Geometrie bezeichnen, die von *Helmholtz* gleichzeitig mit *Riemann* nach voraufgegangenem, aber unbekannt gebliebenen Untersuchungen von *Lobatschewsky* und *Gauß* gemacht wurde. Diese verallgemeinerte Geometrie spielt gegenwärtig für die mathematische Darstellung der Relativitätstheorie eine große Rolle, wenn es auch zweifelhaft ist, ob *Helmholtz* die Zulässigkeit, von den einfachen Grundlagen der Geometrie abzuweichen, als schon jetzt gegeben anerkannt haben würde. Er hat selbst von dieser verallgemeinerten Geometrie Gebrauch gemacht in seiner erst am Ende seiner wissenschaftlichen Laufbahn verfaßten Abhandlung „Über kürzeste Linien im Farbensystem“, wo er die von *Riemann* und ihm selbst gefundenen Grundsätze für eine „Farbengeometrie“ anwendet, in der drei Grundfarben die Rolle der drei Raumabmessungen übernehmen. Seine Frage nach der Bedeutung der kürzesten Linien in dieser Farbengeometrie ist ganz neuerdings von *Schrödinger* wieder aufgenommen.

Die Verallgemeinerung hat *Helmholtz* auch in seinen großen Arbeiten über die Elektrodynamik anzuwenden gesucht. Als er zu der Überzeugung gelangt war, daß das damals herrschende elektrodynamische Grundgesetz von *Wilhelm Weber* zu Widersprüchen mit dem Gesetz der Erhaltung der Energie führe und deshalb aufgegeben werden müsse, stellte er sich selbst die Aufgabe, die allgemeinste Form des elektrodynamischen Gesetzes aufzustellen, das sowohl dem Gesetz von

der Erhaltung der Energie als auch allen Beobachtungen gerecht wird. So gelangte er zu einer Formulierung, die alle bisher aufgestellten Gesetze umfaßte und als Grenzfall auch die von *Maxwell* aufgestellte elektrodynamische Theorie enthielt. Nun standen sich auf dem Gebiete der Elektrodynamik damals zwei verschiedene Auffassungen gegenüber, die eine, welche die elektromagnetischen Vorgänge durch Gesetze darstellen wollte, die nach Art des Gesetzes der Schwere Fernkräfte benutzte, und die Faraday-Maxwellsche Theorie der Nahewirkung. Die Helmholtzsche Darstellung hatte den Nachteil, daß sie zwei ihrem Wesen nach unvereinbare Standpunkte vereinigen wollte. Sie führte zu der Möglichkeit, daß es auch longitudinale elektromagnetische Wellen geben könne, die nach den bisherigen Beobachtungen nicht vorkommen. Die Helmholtzsche Theorie hat, weil sie auch die Maxwellsche Theorie umfaßte, doch wesentlich zur Entscheidung der ganzen Streitfrage beigetragen. *H. Hertz* gibt selbst an, daß er durch sie veranlaßt worden sei, die Versuche anzustellen, durch die er zur Herstellung der elektrischen Wellen von kurzer Wellenlänge geführt wurde. Mit ihrer Hilfe hat er dann die Richtigkeit der Maxwellschen Theorie nachweisen können.

Die Helmholtzschen elektrodynamischen Arbeiten enthielten noch einen sehr bedeutsamen Hinweis, der für die Entwicklung der elektromagnetischen Theorie des Lichts wichtig geworden ist, daß nämlich die Bedingungen an der Grenze zweier Körper, wie sie sich aus der Maxwellschen Theorie ergeben, ohne weiteres zu den erfahrungsmäßig bestätigten Gesetzen der Reflexion und Brechung des Lichtes führen, während die bisherige Lichttheorie, welche den Lichtäther als einen elastischen Körper betrachtete, bei der Ableitung dieser elementarsten optischen Gesetze auf Schwierigkeiten stieß. Der Vorzug der elektromagnetischen Theorie trat hier deutlich erkennbar hervor.

Das Streben nach Verallgemeinerung hat *Helmholtz* am Schluß seiner wissenschaftlichen Tätigkeit noch einmal angewendet in seinen großen Abhandlungen über die physikalische Bedeutung des Prinzips der kleinsten Wirkung. Er ist an diese Untersuchungen herangetreten, nachdem er die Arbeiten auf dem Gebiete der Wärmelehre, von denen wir noch später sprechen werden, beendet hatte. Er hatte hier gesehen, daß die Nichtumkehrbarkeit physikalischer Vorgänge durch die atomistische Struktur der Materie bedingt sei und daß alle physikalischen Gesetze, welche auf die Zusammensetzung der Körper aus Atomen keine Rücksicht zu nehmen brauchen, umkehrbar sind. Während nun das Gesetz der Erhaltung der Energie sowohl für umkehrbare wie für nicht umkehrbare Vorgänge gilt, suchte er nach einem Gesetz, durch das die charakteristischen Eigenschaften der umkehrbaren Vorgänge dargestellt werden. Er fand dieses im

Prinzip der kleinsten Wirkung, dessen Bedeutung sich in der Tat auch in der neuesten Entwicklung der theoretischen Physik als fruchtbringend erwiesen hat. Dieser griff er in mancher Beziehung vor, als er das Prinzip für die elektromagnetischen Gesetze formulierte.

Nicht minder bedeutungsvoll ist die andere Reihe theoretischer Untersuchungen, deren Bedeutung in der Lösung einer einzelnen Aufgabe lag. Hier zeigt sich besonders das ungewöhnliche mathematische Können des großen Meisters, das die Bewunderung auch seiner mathematischen Zeitgenossen erregte. Der erste große Wurf in dieser Richtung gelang ihm in der Abhandlung über die Wirbelbewegungen der Flüssigkeiten. Obwohl die mathematischen Gleichungen der Flüssigkeitsbewegungen schon von *Euler* aufgestellt waren, hatte man merkwürdigerweise die Bedeutung übersehen, welche die Drehung der Flüssigkeitsteilchen für die mathematische Behandlung der Bewegung besitzt. *Helmholtz* zeigte, wie sehr diese sich vereinfacht, wenn die Drehungen, d. h. die Wirbel in der Flüssigkeit fehlen. Andererseits konnte er aber auch sehr allgemeine Eigenschaften der Wirbel aufdecken und damit die ganze Lehre von den Flüssigkeitsbewegungen auf eine neue Grundlage stellen. Wenn man bedenkt, wie wenige Fälle von Flüssigkeitsbewegungen sich haben mathematisch vollständig behandeln lassen, so muß man die Helmholtzsche Abhandlung als eine der bedeutendsten auf diesem Gebiete anerkennen.

Die mathematische Geschicklichkeit, die *Helmholtz* in der Abhandlung über die Wirbel bewiesen hatte, tritt fast noch deutlicher hervor in der großen Arbeit über die Luftschwingungen in offenen Röhren, zu der ihn seine Arbeiten auf dem Gebiete der Schallehre veranlaßt hatten. Hier gelang es ihm, eine Aufgabe zu lösen, an der die größten Mathematiker sich vergeblich bemüht hatten, im wesentlichen durch eine genaue Stellung der Aufgabe und durch die geschickte Handhabung der von der Potentialtheorie gebotenen Hilfsmittel. In der Tat ist es *Helmholtz* gelungen, die innerhalb und außerhalb einer tönenden Orgelpfeife sich herstellenden Luftschwingungen nur durch die mathematische Analyse abzuleiten, und die Ergebnisse stimmen vollständig mit den Beobachtungen überein. Von den anderen mathematischen Aufgaben, die ihm von der Schallehre gestellt wurden, sei nur die Theorie der Kombinationstöne erwähnt. Auch hier gelingt es *Helmholtz*, durch eine sehr geschickte mathematische Methode die Bedingungen abzuleiten, unter denen Kombinationstöne entstehen können.

Die Flüssigkeitsbewegungen haben den großen Forscher während seines ganzen Lebens immer wieder von neuem beschäftigt. Er löste eine mathematisch für unlösbar gehaltene Aufgabe, die Flüssigkeitsbewegung in einem freien Flüssigkeitsstrahl zu bestimmen, durch geniale Anwen-

dung der in der mathematischen Funktionentheorie ausgebildeten Umkehrung der Funktionen. Diese nur wenige Seiten umfassende Abhandlung wird immer ein Musterbeispiel eines genialen Wurfes auf dem Gebiete der mathematischen Physik bleiben. Sie hat sehr mannigfache weitere Untersuchungen veranlaßt und bietet die Grundlage für die Theorie des Widerstandes eines in einer Flüssigkeit bewegten Körpers, sie hat aber gleichzeitig den Grund für die erfolgreiche Behandlung einer auf ganz anderem Gebiet liegenden Aufgabe gelegt, der Berechnung der Verteilung der Elektrizität auf Kondensatorplatten.

Am Schlusse seines Lebens nahm *Helmholtz* die Untersuchung der Flüssigkeitsbewegungen noch einmal auf. Er wollte jetzt der Wetterkunde neue und sicherere Grundlagen geben, nachdem er erkannt hatte, daß sich im Luftmeere aneinandergrenzende Schichten von verschiedener Dichte ausbilden, an deren Grenze es zu Wellenbildungen kommt wie an der Oberfläche des Meeres. Die mathematischen Untersuchungen über die Gestalt und Energie der Wellen hat er nicht vollständig zu Ende geführt, aber die für die Wetterkunde ungemein wichtige Feststellung der Luftwellen hat eine große Bedeutung gewonnen.

Bei den weitemspannenden Arbeitsgebieten der *Helmholtz*schen wissenschaftlichen Tätigkeit stellten sich immer wieder von neuem besondere Aufgaben ein, deren theoretische Bewältigung vor der Weiterführung der Untersuchung in Angriff genommen werden mußte. So hat *Helmholtz* eine große Reihe kleiner Abhandlungen auf den verschiedensten Gebieten der Physik geschrieben. Für seine physiologischen Untersuchungen brauchte er genaue Kenntnis des Ablaufs der Induktionsströme, die er auf Grund der damals eben gewonnenen elektrodynamischen Kenntnisse feststellen konnte. In einer Auseinandersetzung mit dem Physiologen *Hermann* gab er auf Grund der Induktionsgesetze eine genaue Theorie des Fernsprechers. Die physiologische Optik führte ihn zu eingehenden Betrachtungen über die Erzeugung optischer Bilder. Schließlich schrieb er die grundlegende Abhandlung über die Grenze der Leistungsfähigkeit der Mikroskope, in der er gleichzeitig mit *Abbe* die Beugung des Lichtes als den für die Bilderzeugung entscheidenden Vorgang erkannte. Durch Anwendung des Kirchhoffschen Satzes von dem Gleichgewicht der Wärmestrahlung konnte er den grundlegenden Satz der Abbildungslehre, den Sinussatz, in einfachster Weise ableiten. Als von *Sellmeier* die Farbenzerstreuung des Lichts durch Prismen auf einen Resonanzvorgang mit den Eigenschwingungen der Körpermoleküle zurückgeführt war, kleidete er diese Anregung in die mathematische Sprache und stellte die Theorie der Dispersion auf, die seitdem grundlegend geblieben ist.

Die eigentümliche Stellung, welche der zweite Hauptsatz der Wärmelehre in der Physik einnahm, mußte naturgemäß die Aufmerksamkeit

eines so sehr bis zu den Wurzeln der Erkenntnis vordringenden Forschers, wie es *Helmholtz* war, erregen. Als *Braun* festgestellt hatte, daß die Wärmetönung in den galvanischen Elementen nicht das Maß für ihre elektromotorische Kraft bildet und daß daher außer dem Energiegesetz der zweite Hauptsatz herangezogen werden muß, hat *Helmholtz* auch hier wieder die genaue mathematische Durchführung übernommen. Er fand eine neue Fassung des zweiten Hauptsatzes durch die Einführung des Begriffs der freien Energie, auf die es bei den galvanischen Elementen ankommt. Durch Vergleichung der Änderungen in der Konzentration, wie sie einerseits durch die Verdampfung, andererseits durch die Elektrolyse nach den Beobachtungen von *Hittorf* eintreten, konnte *Helmholtz* die elektromotorische Kraft, die durch die Konzentrationsunterschiede bedingt ist, berechnen.

Die Vertiefung in die Wärmelehre führte *Helmholtz* dazu, der eigentlichen Bedeutung des zweiten Hauptsatzes und der Bedeutung der Entropie nachzuforschen. Die Einführung des Begriffs der freien Energie veranlaßte ihn, auch ihren Gegensatz, die gebundene Energie, die durch das Produkt der Entropie und absoluten Temperatur ausgedrückt wird, einzuführen und die Entropie als Maß der Unordnung zu bezeichnen. Die Untersuchungen *Boltzmann*s hatten schon gezeigt, daß der zweite Hauptsatz auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung aufgebaut werden könne. Aber diese bloßen Wahrscheinlichkeitsergebnisse befriedigten den immer nach der Kausalität suchenden Forscher nicht. Er hat sich niemals herbeigelassen, mit Wahrscheinlichkeiten zu rechnen. Um sich aber doch mit den Gesetzen der Wärmelehre auseinanderzusetzen, schrieb er die Studien über monozyklische Systeme. Hier suchte er mechanische Systeme aufzufinden, die vollständig nach den mechanischen Gesetzen arbeiten, aber doch die Eigentümlichkeiten der Wärme zeigen. Es gelingt ihm, dieses durch die Einführung von langsam und schnell veränderlichen Koordinaten. Die Veränderungen der letzteren sind unserm Einflusse entzogen und man kann dann in der Tat beweisen, daß Einwirkungen auf die langsam veränderlichen Koordinaten Bewegungen herbeiführen, die ähnlichen Gesetzen gehorchen wie die Wärme. Diese Untersuchungen sind für die Erkenntnis der Eigentümlichkeiten der Wärme bedeutungsvoll gewesen und haben *Boltzmann*, der das gleiche Problem vom Standpunkte der Wahrscheinlichkeitsrechnung angriff, zu weiteren Forschungen angeregt. In der Tat ist erst nach diesen Arbeiten die Ausnahmestellung, die die Wärme innerhalb der Mechanik einnimmt, völlig klar geworden. Sie beruht darauf, daß die Molekularbewegung eine völlig ungeordnete ist und daß wir nicht auf die einzelnen Moleküle einwirken können. Die von *Helmholtz* zuerst in den monozyklischen Systemen eingeführte Unterscheidung zwischen schnell und langsam veränderlichen

Koordinaten spielt seitdem in der theoretischen Physik eine große Rolle, wenn wir jetzt auch wissen, daß zur wirklichen theoretischen Behandlung der molekularen Vorgänge nicht die monozyklischen Systeme, sondern die Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen angewendet werden müssen.

Wir wollen schließlich noch einer kurzen theoretischen Arbeit erwähnen, der letzten, die er noch vollenden konnte, über die möglichen Bewegungen des reinen Lichtäthers, wenn sich dieser wie eine unzusammendrückbare Flüssigkeit verhält. In dieser Arbeit sucht er nach den Vorstellungen der Faraday-Maxwellschen Theorie Bewegungen des Lichtäthers selbst aus der Theorie abzuleiten. Wenn die Wissenschaft auch seither eine ganz andere Richtung eingeschlagen hat und die Helmholtzsche Fragestellung den jetzigen Anschauungen der theoretischen Physik nicht entspricht, so enthält die kleine Arbeit doch Ansätze, die in der späteren Entwicklung der elektromagnetischen Theorie große Bedeutung erlangt haben. Es sind das die auf den Poyntingschen Energievektor zurückgehenden Ausdrücke, aus denen später *Poincaré* die „elektromagnetische Bewegungsgröße“ ableitete, um den Widerspruch mit dem Satz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung zu beseitigen. So schritt *Helmholtz* bis zum letzten Augenblick seines Lebens der Wissenschaft voran und führte sie mit sicherer Hand, bis dieser die Feder entfiel.

Wir haben hier nur einen kurzen Blick auf die Helmholtzschen Leistungen auf dem Gebiete der theoretischen Physik werfen können, können aber an einer großen Leistung auf diesem Gebiet nicht vorüber gehen, an seinen Vorlesungen über theoretische Physik. Diese Vorlesungen hat *Helmholtz* erst gehalten, als er die Vertretung der Experimentalphysik an der Berliner Universität aufgegeben hatte und Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geworden war. *Helmholtz* war bekanntlich als Lehrer nicht leicht zu verstehen. Er schuf das Lehrgebäude vor den Hörern gewissermaßen neu und es war für die Vorgeschrifteneren im höchsten Maße anziehend, mitzuerleben, wie ein großer Denker arbeitet. In diesen Vorlesungen hat sich *Helmholtz* von allen Vorbildern freigemacht. Sie sind seine eigenste Schöpfung gewesen und bieten daher ungemein viele neue Einblicke und Anregungen auf dem weiten Gebiete der theoretischen Physik.

Wenn wir uns nun zu den Leistungen von *Helmholtz* in der Experimentalphysik wenden, so müssen wir uns zunächst vergegenwärtigen, daß er eine Trennung zwischen experimenteller und theoretischer Physik niemals anerkannt hat. Vielmehr ist es sein besonderes Verdienst gewesen, die Physik wieder zu einer großen Wissenschaft zusammenzufassen. Wenn jetzt durch den immer mehr zunehmenden Umfang der Wissenschaft die gleichzeitige Beherrschung der gesamten theoretischen und experimentellen Physik schwer geworden ist, so hat die Helmholtzsche Auffassung

doch bei allen Physikern die Überzeugung hinterlassen, daß die theoretische Physik ihre Anregungen und Aufgaben von der Experimentalphysik empfangen muß, während andererseits die letztere nur erfolgreich arbeiten kann, wenn sie von theoretischen Gesichtspunkten ausgeht.

Bei den Helmholtzschen Arbeiten waren die Experimente immer mit der Theorie verknüpft. Seine zahlreichsten Versuche hat er im Anschluß an seine sinnesphysiologischen Untersuchungen angestellt. Die wissenschaftliche Leistung, die seinen Namen zuerst allgemein bekannt gemacht hat, die Konstruktion des Augenspiegels, war die Anwendung der Gesetze der Optik auf eine physiologische Aufgabe.

Wie *Helmholtz* fast immer mit den einfachsten Mitteln experimentierte, so hat er auch zunächst für die Herstellung des Augenspiegels sich nur solcher bedient, die er unmittelbar improvisieren konnte. Wir müssen uns versagen, die vielen grundlegenden Versuche zu besprechen, die er auf dem Gebiet der physiologischen Optik angestellt hat. In der Schallehre, die er in seinem Buch „Die Lehre von den Tonempfindungen“ neu aufgebaut hat, gehören die grundlegenden Versuche der reinen Physik an. Die Herstellung künstlicher Vokale durch eine Reihe von elektromagnetisch erregten Stimmgabeln ist eine hervorragende Leistung der Experimentalphysik gewesen. In glänzendem Zusammenwirken von theoretischer Überlegung und experimenteller Prüfung hat *Helmholtz* den Beweis geführt, daß die Klangfarbe der Töne nur von ihrer Zusammensetzung aus einfachen Schwingungen bestimmt wird und nicht von der Phase der Schwingungen abhängig ist. Dann hat er das alte Rätsel der Ursachen der musikalischen Harmonie, das die Menschheit seit den Tagen des Pythagoras beschäftigte, auf Grund der Schwebungen der Obertöne gelöst, wobei er den experimentellen Nachweis mit Hilfe der Resonatoren führte.

Sehr mannigfaltig sind die Versuche, die *Helmholtz* auf dem Gebiet der Elektrizität angestellt hat. Schon früh veranlaßten ihn die physiologischen Fragen nach der Ausbreitung der Nervenreize, Experimente über den Verlauf von Induktionsströmen anzustellen und die Theorie der Induktionsströme zu bestätigen. Er konstruierte einen der feinsten Meßapparate, das nach ihm benannte Pendel, das bei bestimmter Fallhöhe nacheinander zwei elektrische Kontakte öffnet. Mit diesem Apparat lassen sich sehr kleine Zeitunterschiede messen, und er hat bei den verschiedenartigsten Untersuchungen Anwendung gefunden.

Die experimentellen Untersuchungen auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre hat *Helmholtz* durch sein ganzes wissenschaftliches Leben fortgeführt, immer bestrebt, die Theorie auf eine einheitliche Grundlage zu stellen. Er war immer von neuem bemüht, Versuche zu ersinnen, selbst auszuführen oder durch seine Schüler ausführen zu lassen,

welche die Entscheidung zwischen den verschiedenen elektromagnetischen Theorien herbeizuführen geeignet waren. Er selbst überzeugte sich durch Versuche, daß das von ihm eingeführte, auf den Neumannschen Gesetzen der Induktionsströme fußende, sogenannte Potentialgesetz den Tatsachen nicht gerecht wurde und aufgegeben werden müsse. Er kam immer mehr zu der Überzeugung, daß die einfachste, folgerichtigste und den Beobachtungen in der allgemeinsten Weise entsprechende Theorie die von *Faraday* begründete und von *Maxwell* in die mathematische Form gekleidete Theorie des elektromagnetischen Feldes sei, welche von allen Fernkräften absah und nur Wirkungen auf die unmittelbare Nachbarschaft zuließ. So empfing *Hertz* von ihm die wichtigsten Anregungen für seine Versuche, an sehr schnellen elektrischen Schwingungen die elektromagnetischen Gesetze zu prüfen. *Helmholtz* selbst erkannte sofort die Tragweite der Hertzschen Beobachtungen, durch die er die lange gesuchte Entscheidung zugunsten der Maxwellschen Theorie gefällt sah.

Besonderes Interesse widmete *Helmholtz* auch den elektrolytischen und galvanischen Vorgängen. Schon in seiner Abhandlung über das Gesetz von der Erhaltung der Kraft hatte er auseinandergesetzt, daß die Voltasche Berührungsspannung auf Kräfte zwischen den elektrischen Ladungen und den Atomen zurückzuführen sei, die bei den verschiedenen Elektrizitäten und Atomen verschiedene Größe haben und so zur Bildung elektrischer Doppelschichten führen. Er hat dann später mannigfaltige Versuche über die in den Elektrolyten wirkenden Kräfte angestellt und schon früh erkannt, daß die chemischen Valenzkräfte elektrischen Ursprungs sein müssen. Er zeigte, daß sehr große Kräfte aufzuwenden sind, um die elektrischen Ladungen der Ionen von den Atomen zu trennen und daß die galvanische Polarisation das Maß dieser Kräfte ist. Er konnte auch durch besonders sorgfältige Versuche nachweisen, daß das Faradaysche Gesetz der Elektrolyse ganz streng gültig ist, und er benutzte die Polarisation dazu, um die chemische Zersetzung bei so schwachen Strömen nachzuweisen, bei denen der Nachweis der Zersetzungsprodukte unmöglich war. Auch gaben seine Versuche die Anregung zu der Konstruktion des Kapillarelektrometers, dessen Theorie er auf Grund seiner Anschauungen von der sich bildenden elektrischen Doppelschicht gab. Auch interessierte er sich selbst sehr für die Konstruktion von Meßapparaten und ersann neue Methoden für Präzisionsmessungen. Von ihm stammt eine neue Anordnung der Tangentenbussole, eine neue Methode zur Bestimmung magnetischer Momente mit der Wage, ganz abgesehen von den vielen Meßinstrumenten, die er im Verlauf seiner physiologischen Untersuchungen konstruierte, von denen wir das Fallpendel schon erwähnt haben.

Wie es den meisten großen Forschern im Verlauf ihres Lebens zu ergehen pflegt, wurde auch

Helmholtz in immer zunehmendem Maße durch organisatorische Arbeiten in Anspruch genommen. Schon mit der Übernahme des Berliner physikalischen Lehrstuhls erwachsen ihm durch den Neubau des Instituts und die Einrichtung und Leitung eine Menge Arbeiten. Er suchte von den immer mehr zunehmenden Anforderungen des Lehramts Entlastung. So übernahm er noch am Ende seines Lebens die Organisation der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, die etwas ganz Neues bedeutete und tatsächlich etwas Neues schuf, das später in den großen Kulturländern nachgeahmt wurde. Aber so groß die Ansprüche auch waren, die alle diese Arbeiten an ihn stellten, der Forscherdrang in ihm war viel zu groß, das Gefühl des Forscherberufs zu stark, als daß er jemals seine Forschungen zurückgestellt hätte. Ihnen ist er bis in die letzten Wochen seines arbeitsfreudigen Lebens treu geblieben.

Schließlich müssen wir noch einer großen Leistung von *Helmholtz* gedenken und an seine Vorträge und Reden erinnern. Die meisten, welche seinen Namen als den eines großen Naturforschers kennen, haben von ihm nichts anderes als diese gelesen. Er hat hier ein großes Beispiel gegeben, wie man auch schwierige wissenschaftliche Fragen vor einem Hörerkreise behandeln kann, der nicht aus Fachleuten besteht. Allerdings muß man sich von vornherein darüber klar sein, daß es nicht möglich ist, über wissenschaftliche Dinge zu solchen zu sprechen, die über gar keine Vorkenntnisse verfügen. Ein gewisses Maß solcher Vorkenntnisse muß vorausgesetzt werden, soll man nicht gezwungen sein, sich in Vorbetrachtungen von unmöglicher Länge zu verlieren. So sind wirklich „gemeinverständliche Vorträge“ ein innerer Widerspruch und *Helmholtz* hat daher den ursprünglichen Titel „populäre wissenschaftliche Vorträge“ abgeändert, weil er sah, daß er nicht richtig war. Er wollte sich nicht an jedermann, sondern an die Gebildeten wenden, die Vorkenntnisse besitzen und gewöhnt sind, logisch zu denken.

Von seinen Vorträgen und Reden beziehen sich nicht alle auf Physik. Er hat sich in ihnen über die Fortschritte und allgemeinen Fragen der Wissenschaft und häufig über die Ergebnisse seiner eigenen Arbeiten ausgesprochen. Er hat in dieser Weise auf viele Kreise eingewirkt und diese mit den Methoden der Naturforschung vertraut gemacht. Das Wesentliche ist, daß er niemals den Boden der Wissenschaft verließ und Schwierigkeiten der Fragen niemals beiseite setzte, um zu einer scheinbar einfacheren Darstellung zu gelangen. Da er aber die Dinge, die er vortrug, vollständig beherrschte, konnte er immer die einfachen Gedanken, die schließlich jedem wissenschaftlichen Fortschritt zugrunde liegen, unter Fortlassung des nebensächlichen Beiwerks herausarbeiten.

Aber in den *Helmholtz*schen Vorträgen und Reden findet sich noch manches, was in solchen

Veröffentlichungen selten zu finden ist, nämlich neue, auch für die Fachleute überraschende Gedanken. Ich will hier nur an zwei erinnern, die zu weitreichenden wissenschaftlichen Untersuchungen geführt haben.

Der eine Gedanke ist in der Rede über die neuere Entwicklung von *Faradays* Ideen über Elektrizität enthalten. Hier findet sich der Satz: „Wenn wir Atome der chemischen Elemente annehmen, so können wir nicht umhin, weiter zu schließen, daß auch die Elektrizität, positive sowohl wie negative, in bestimmte elementare Quanta geteilt ist, die sich wie Atome der Elektrizität verhalten.“ Hiermit ist eine der fruchtbarsten Ideen der neuen Physik ausgesprochen, die erst viele Jahre später genügend beachtet wurde und der Wissenschaft ganz neue Wege gewiesen hat.

Die zweite Überlegung ist in dem Vortrage „Über die Wechselwirkung der Naturkräfte“ mitgeteilt und bezieht sich auf eine mögliche Quelle für den Ersatz der fortwährend ausgestrahlten Sonnenenergie. Dieser Energievorrat besteht darin, daß sich die Sonne allmählich verkleinert und dann durch die herbei gewonnene Arbeit ungeheure Energiemengen freimacht. Es soll hier nicht untersucht werden, ob die Frage auf diesem Wege gelöst werden kann. Jedenfalls ist eine ungemein wichtige Anregung für ihre

Behandlung in dem Helmholtzschen Gedanken enthalten.

Mit *Helmholtz* hat die klassische Zeit der deutschen Physik ihren Abschluß gefunden. Nach seinem Tode ist von der Strahlungstheorie ausgehend und durch die neue Atomforschung beeinflusst und angeregt, eine neue Physik entstanden, welche mit der alten nur noch mit dünnen Fäden zusammenzuhängen scheint. So groß die Erfolge der neuen physikalischen Forschung auch sind, so ist doch die Sicherheit ihrer Grundmauern nicht entfernt mit denen der alten Physik vergleichbar und es steht ihr noch die gewaltige Aufgabe bevor, ein ähnlich festes Gebäude zu errichten, wie es das war, das von *Archimedes*, *Galilei* und *Newton* begründet, von *Helmholtz* und seinen großen Zeitgenossen fertiggestellt wurde.

Weil *Helmholtz* der letzte deutsche und einer der größten Vertreter einer abgeschlossenen Epoche in der Geschichte der Physik gewesen ist, in welcher die Kausalität und der logische Aufbau die feste Grundlage bildeten, werden die lebenden und künftigen Physiker immer wieder zu ihm zurückkehren müssen. In der Tat besteht bei den fortwährenden Umwälzungen, namentlich auf theoretischem Gebiet, die Gefahr, daß dem jüngeren Geschlecht der Physiker das Gefühl für die Ansprüche an logische Geschlossenheit bei wahren Theorien verloren geht.

Die elektrochemischen Arbeiten von Helmholtz.

Von W. Nernst, Berlin.

Wenig Entdeckungen haben in der Geschichte der Naturwissenschaften so gewaltiges Interesse in weitesten Kreisen erregt, wie der Aufbau der Voltaschen Säule, d. h. die Erfindung des galvanischen Elementes. Die Elektrizitätslehre war, solange man nur mit der Reibungselektrizität zu operieren wußte, nicht viel mehr als eine physikalische Kuriosität; erst als man stärkere galvanische Ströme dank *Volta* zu erzeugen lernte, wurde es klar, daß man es hier mit einer wichtigen und mächtigen Naturkraft zu tun hatte, und gegenwärtig sieht es ja bekanntlich so aus, als ob die Elektrizitätslehre sich zum fast alleinigen Fundament der Naturforschung entwickeln wird.

Seitdem man die galvanischen Ströme in allergrößtem Maßstabe maschinell zu erzeugen gelernt hat, ist freilich das Interesse am galvanischen Elemente in Physikerkreisen vielfach in den Hintergrund getreten, nicht nur historisch, sondern wohl auch sachlich mit Unrecht. Denn während die Reibungselektrizität allerdings auf Vorgängen mehr sekundärer Natur zu beruhen scheint, offenbart uns auch heute noch das galvanische Element und seine Umkehrung, der elektrolytische Trog, in der ursprünglichsten

Weise die tiefe innere Verwandtschaft zwischen chemischer und elektrischer Energie. Wenn daher *Helmholtz* von Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn an bis in sein hohes Alter wieder und immer wieder sich elektrochemischen Fragen zugewandt hat, so ist das nicht lediglich durch eine persönliche Liebhaberei zu erklären, veranlaßt vielleicht durch den gewaltigen Eindruck der Voltaschen Experimente; vielmehr hat *Helmholtz* offenbar frühzeitig erkannt, daß der Weg zur Erkenntnis wichtiger Energieprobleme über elektrochemische Fragen führen würde.

Die Bemerkungen über unpolarisierbare und über polarisierbare galvanische Zellen, die sich bereits in der „Erhaltung der Kraft“ (1847) finden, zeigen deutlich, wie eingehend bereits der junge *Helmholtz* über die galvanische Stromerzeugung nachgedacht hat; historisch wichtiger aber ist der Umstand, daß in jener Arbeit neben so vielem Bedeutsamen auch der erste Versuch einer elektrochemischen Thermodynamik sich vorfindet. *Helmholtz* setzte hier „die durch den Strom erzeugte Wärme gleich der durch den chemischen Prozeß zu erzeugenden“, wobei die erste, wenn keine andere Arbeit durch den stromliefernden Prozeß des galvanischen Elementes ge-

leistet wird, einfach gleich der im gesamten Stromkreis entwickelten Jouleschen Reibungswärme gesetzt werden darf. Dieser Ansatz erwies sich allerdings, und zwar besonders auf Grund einer späteren gleich zu besprechenden Arbeit von *Helmholtz*, als nicht richtig; übrigens ist dies vielleicht der einzige Irrtum von Belang, der *Helmholtz* in seiner berühmtesten Arbeit unterlief, und wir können hinzufügen, daß es sich auch hier, vielleicht ein ganz besonders augenfälliges Zeichen der einzigartigen Bedeutung des Autors, nicht um einen gewöhnlichen Irrtum handelte, sondern um einen Irrtum von geradezu historischer Bedeutung, der auf den verschiedensten Gebieten, merkwürdigerweise auch heute noch, wenn auch mehr versteckt, in zahlreichen Abhandlungen sich wiederfindet. Der Ansatz, der obiger Schlußfolgerung zugrunde liegt, läßt sich am prägnantesten ausdrücken: Die Änderung der freien Energie ist gleich der Änderung des gesamten Energieinhaltes; dieser Ansatz ist aber bei gewöhnlichen Temperaturen im allgemeinen nicht richtig und trifft auch nicht für das galvanische Element zu, wohl aber gilt er, wie wir heute wissen, stets in hinreichender Nähe des absoluten Nullpunktes. Das früher sehr berühmte Berthelot'sche Prinzip, wonach die Wärmeentwicklung bei chemischen Prozessen ausschließlich die Richtung ihres Ablaufs bestimmt, enthält den gleichen Fehlschluß.

Es war, wie schon oben bemerkt, wiederum *Helmholtz*, der es klar und in voller Allgemeinheit erkannte (Thermodynamik chemischer Vorgänge 1882), daß zwischen der von einem chemischen Prozeß zu gewinnenden äußeren Arbeit und der damit verbundenen Wärmeentwicklung streng zu unterscheiden ist, und daß der Unterschied beider Größen sich im Sinne des zweiten Wärmesatzes durch das Produkt von absoluter Temperatur und Temperaturkoeffizient der ersteren Größe berechnen läßt; so wurde *Helmholtz*, in diesen Fragen allerdings nicht ohne Vorgänger, einer der Schöpfer der modernen chemischen und zugleich elektrochemischen Thermodynamik. Der Weg zu dieser Erkenntnis führte aber über das galvanische Element. So heißt es in der eben erwähnten Arbeit: „In der Tat bin ich selbst durch die Frage nach dem Zusammenhange zwischen der elektromotorischen Kraft reversibler Ketten und den chemischen Veränderungen, die in ihnen vorgehen, zu dem hier zu entwickelnden Begriffe der freien chemischen Energie geführt worden.“

Während also *Helmholtz* 1847 die elektrische Energie galvanischer Elemente direkt aus der Wärmetönung berechnen wollte, erkannte er 1882, daß dies nur für solche galvanische Elemente gestattet ist, die keinen oder nur einen sehr kleinen Temperaturkoeffizienten besitzen, ein Fall, der übrigens ziemlich häufig vorkommt; im allgemeinen aber muß der Temperaturkoeffizient der elektromotorischen Kraft berücksichtigt werden,

wenn man exakt die Wärmeentwicklung des stromliefernden Prozesses berechnen will. Diese Beziehung wird bekanntlich häufig benutzt, um durch elektromotorische Messungen Wärmetönungen zu ermitteln.

Ein Weg, um umgekehrt elektromotorische Kräfte aus der Wärmeentwicklung zu berechnen, wurde also durch die Betrachtung von *Helmholtz* nicht gegeben und konnte auch auf diesem Wege nicht gefunden werden, weil die ihm bekannten beiden Wärmesätze eine solche Berechnung nicht ermöglichten. Erst ein neuer Wärmesatz hat dann dazu geführt, elektromotorische Kräfte aus Wärmetönungen zu berechnen, falls man den Verlauf der betreffenden Wärmetönung bis zu den tiefsten Temperaturen kennt, eine Voraussetzung, die bei Kenntnis der spezifischen Wärmen der reagierenden Substanzen bis herab zu den tiefsten Temperaturen erfüllt ist.

Für die Thermodynamik der galvanischen Elemente war ferner von größter Bedeutung die im Jahre 1877 veröffentlichte Studie über Konzentrationsketten. Der stromliefernde Prozeß besteht hier einfach in der Vermischung von Lösungen verschiedener Konzentration; in der isothermen Destillation entdeckte *Helmholtz* mit größtem Scharfsinn einen Weg, um diesen Prozeß isotherm und reversibel rückgängig zu machen. Im Sinne des zweiten Wärmesatzes muß die hier aufzuwendende Arbeit gleich der zu gewinnenden elektrischen Arbeit sein, und so löste *Helmholtz* hier zum ersten Male das Problem, eine elektromotorische Kraft aus anderweitigen der Messung zugänglichen Größen zu berechnen. Freilich ist diese Berechnung rein thermodynamischer Natur und besagt daher nichts über den Mechanismus des stromliefernden Prozesses, beantwortet daher auch nicht die Frage, inwieweit die in einer Konzentrationskette wirkenden elektromotorischen Kräfte ihren Sitz haben an den Elektroden und inwieweit längs des Konzentrationsgefälles der Lösungen. Diese Fragen konnten erst durch die speziellere sogenannte osmotische Theorie der Lösungen beantwortet werden; das Interesse von *Helmholtz* an der Aufklärung dieses Problems bewies er unter anderem dadurch, daß er die Arbeit, in welcher die osmotische Theorie der Stromerzeugung entwickelt wurde, Februar 1889 der Berliner Akademie der Wissenschaften vorgelegt hat.

Jedenfalls aber muß man sagen, daß von *Helmholtz* die Thermodynamik der elektrochemischen Prozesse vollständig und in geradezu klassischer Weise entwickelt worden ist, soweit es der damalige Stand der Thermodynamik erlaubte.

Daß *Helmholtz* auch für den Mechanismus der galvanischen Stromerzeugung sich auf das lebhafteste interessierte, bewies er durch eine Reihe von Untersuchungen, die, wenn auch nicht gerade abschließender Natur, so doch höchst bedeutungsvoll für die Entwicklung des Gegenstandes geworden sind. Höchst originell ist seine

Erklärung der Ströme, die man beobachtet, wenn ein Elektrolyt durch poröse Substanzen gepreßt wird. Schon 1853 hatte er gezeigt, daß nach den Prinzipien der Elektrostatik bei Berührung zweier Leiter, die eine Potentialdifferenz aufweisen, sich an der Berührungsfläche eine elektrische Doppelschicht ausbilden muß, deren Beladung um so größer wird, je größer diese Potentialdifferenz ist. Dies war ein außerordentlich fruchtbarer Gedanke, der einen maßgebenden Einfluß auf alle späteren Theorien auf diesem Gebiete ausgeübt hat. *Helmholtz* wies nun 1879 darauf hin, daß, wenn man annimmt, daß die im Elektrolyten befindlichen Ladungen wenigstens zum Teil mitgerissen werden, falls der Elektrolyt parallel der festen Begrenzungsfläche verschoben wird, nicht nur die Ausbildung der oben erwähnten Ströme erklärt wird, sondern daß sich aus dieser Auffassung auch die wichtigsten hier zu beobachtenden Gesetzmäßigkeiten ergeben.

Betrachtet man ein galvanisches Element, das etwa aus zwei verschiedenen, in die gleiche Lösung tauchenden Elektroden besteht, so wird sich im allgemeinen auf der Oberfläche beider Elektroden je eine Doppelschicht ausbilden. Wenn man von etwaigen an der Berührungsstelle verschiedener Metalle auftretenden Potentialdifferenzen absieht, so ist die elektromotorische Kraft auch des einfachsten galvanischen Elementes durch die Summe von mindestens zwei Potentialsprüngen bedingt, die sich einer einzelnen Bestimmung zunächst entziehen.

Im Jahre 1881 machte nun *Helmholtz* darauf aufmerksam, daß in einem speziellen Falle der Potentialsprung an einer Elektrode bekannt ist, nämlich dann, wenn man Quecksilber bis zum Maximum seiner Oberflächenspannung polarisiert; wenn nämlich eine Doppelschicht, d. h. eine Potentialdifferenz, vorhanden ist, so wirkt die eine Ladung auf dem metallischen Quecksilber, die entgegengesetzte im Elektrolyten notwendig so, daß durch elektrostatische Kräfte die Berührungsfläche zwischen Quecksilber und Elektrolyt gedehnt, d. h. die Oberflächenspannung verkleinert wird. Verschwindet die Potentialdifferenz und damit die Doppelschicht, so muß also die Oberflächenspannung, wie oben bemerkt, ein Maximum besitzen.

Dieser sehr geniale Gedanke von *Helmholtz* ist bekanntlich vielfach in der Literatur diskutiert worden; es kann gegenwärtig wohl als sicher gelten, daß mindestens sehr häufig die Oberflächenspannung des Quecksilbers auch noch durch andere Ursachen, als durch rein elektrostatische Kräfte modifiziert werden kann, daß aber der Grundgedanke richtig ist und daß, wie besonders eine neuere Arbeit von *F. Krüger* und *H. Krumreich* gezeigt hat (Zeitschr. f. Elektrochemie 19, 617, 1913), bei Beseitigung aller sekundären Störungen die Methode von *Helmholtz* zu einer exakten Bestimmung von einzelnen Potentialdifferenzen dienen kann.

In der gleichen Arbeit von 1881 findet sich der Hinweis, daß eine schnell tropfende Quecksilberelektrode ebenfalls keine Potentialdifferenz gegen den umgebenden Elektrolyten aufweisen könne, weil „jeder fallende Tropfen andernfalls positive Elektrizität aus dem Quecksilber wegnähme und dessen positives Potential kleiner und kleiner machte, bis es dem der Flüssigkeit gleich wäre“.

Auch diesen Schluß von *Helmholtz* müssen wir, wenn bestimmte Vorsichtsmaßregeln getroffen sind, auch heute noch als richtig anerkennen, wenn die Begründung auch nicht mehr aufrechterhalten ist. Wir nehmen nämlich gegenwärtig im Sinne der osmotischen Theorie der Stromerzeugung nicht mehr an, daß, wenn wir eine metallische Elektrode in eine Lösung tauchen, die Doppelschicht in der Weise sich ausbildet, daß z. B. positive Elektrizität aus dem Innern der Elektrode an die Oberfläche wandert, wie es sich *Helmholtz* vorstellte, und daß diese an die Oberfläche geförderte Elektrizität entgegengesetzte, aus dem Elektrolyten kommende Elektrizität in der Form der Doppelschicht bindet. Vielmehr entsteht z. B. im Falle des Quecksilbers die Ausbildung der Doppelschicht in der Weise, daß Merkurionen aus der Lösung infolge der ungeheuer kleinen elektrolytischen Lösungstension des Quecksilbers sich auf der Oberfläche des letzteren niederschlagen und so dem Quecksilber die positive Oberflächenladung erteilen, welche letztere dann die äquivalente Menge negativer Ionen auf der Oberfläche des Elektrolyten, soweit sie das Quecksilber umgibt, bindet. Daß dem so ist, konnte durch die osmotische Theorie der Stromerzeugung vorhergesagt und durch die bekannten sehr sorgfältigen Versuche von *Palmaer* eingehend bestätigt werden. *Helmholtz* war noch der Meinung, daß die verschiedenen Metalle eine verschiedene Anziehung gegen die Elektrizitäten besitzen und daß hierauf die Wirksamkeit der galvanischen Elemente beruhe. Heute nehmen wir an, daß es sich bei der Ausbildung von Potentialdifferenzen an Elektroden einfach um die Herstellung von Löslichkeits- oder Verteilungsgleichgewichten handelt, wie man sie in unzähligen Fällen untersuchen kann, und daß bei den elektromotorisch wirksamen Prozessen das Gleichgewicht nicht durch die Dislokation gewöhnlicher, sondern elektrisch geladener Moleküle (Ionen) hergestellt wird.

Der Unterschied beider Auffassungen wird gerade bei der Wirkung der Tropfelektrode besonders klar. In einer einigermaßen konzentrierten Lösung eines Merkursalzes besitzt eine Tropfelektrode fast genau das gleiche Potential wie eine ruhende Quecksilberoberfläche. Die Auffassung von *Helmholtz* vermag es nicht zu begründen, daß in diesem Falle keine Entladung des tropfenden Quecksilbers stattfindet. Nach der jetzigen Auffassung liegt die Sache einfach so, daß auch in einer an Quecksilberionen reichen Lösung sich zwar fortwährend Merkurionen auf

dem tropfenden Quecksilber niederschlagen, daß aber dadurch keine merklichen Konzentrationsunterschiede und daher auch keine merklichen Potentialdifferenzen hervorgerufen werden können, weil dieselben schon durch das kleinste Diffusionsgefälle ausgeglichen werden. In einer an Merkurionen sehr armen Lösung hingegen wird die weitere Verarmung an Quecksilbersalz an der Tropfektrode sehr rasch merklich und kann soweit gehen, daß sich Gleichgewicht einstellt, d. h. daß die Konzentration der Merkurionen soweit sinkt, daß sie sich nicht mehr auf dem Quecksilber niederschlagen.

Nunmehr erkennen wir auch klar, warum die Bemühungen von *Helmholtz*, zu einem tieferen Einblick in den Mechanismus der galvanischen Stromerzeugung zu gelangen, nur teilweise zum Erfolge führten; ihm fehlte die genaue Kenntnis der chemischen Gleichgewichtslehre, teils aus dem Grunde, weil sie zur Zeit von *Helmholtz* doch nur unvollständig entwickelt war, teils wohl aber auch deshalb, weil *Helmholtz* mit komplizierteren chemischen Fragen sich wohl nie eingehend beschäftigt hat¹⁾. Der letztere Umstand erklärt auch die gewiß merkwürdige Erscheinung, daß die elektrochemischen Arbeiten von *Helmholtz*, wenn sie auch in der Konstruktion der Apparate so häufig den feinsinnigen Experimentator verraten, experimentell doch, was die Wahl der Beispiele anlangt, häufig ein wenig zu wünschen übrig lassen. Dies offenbart sich besonders deutlich in den vielfachen Arbeiten von *Helmholtz* über das Wesen der elektrolytischen Konvektionsströme (Restströme), deren Wesen er mit gewohntem genialen Scharfblick zwar auffallend früh erkannt hatte, die quantitativ zu berechnen, was bei einem chemisch einigermaßen glücklich gewählten Beispiele sehr leicht gewesen

¹⁾ In dieser Hinsicht wirkte ungemein heilsam *Friedrich Kohlrausch*, der seinen Schülern eingehende Beschäftigung mit der Chemie zur Pflicht machte.

wäre, ihm aber nicht gelang. Ferner sei an die theoretisch hervorragende Leistung (1883) erinnert, darin bestehend, daß er den Weg zwar zeigte, elektromotorische Kräfte aus chemischen Gleichgewichten zu berechnen, diese Theorie aber an einem chemisch wenig glücklich gewählten Beispiele experimentell durchzuführen versuchte. So sehen wir hier also, was vielleicht besonders lehrreich ist, wie auch das größte Genie an Grenzen mehr zufälliger und äußerlicher Art stoßen kann; hätte sich zufällig *Helmholtz* bei seinen elektrochemischen Arbeiten mit einem in der Gleichgewichtslehre wohl bewanderten Chemiker vereinigt, so würde er zweifellos die Entwicklung der modernen Elektrochemie mit Leichtigkeit um mehr als ein Jahrzehnt beschleunigt haben.

Am Schlusse dieser Übersicht sei noch auf zwei mehr gelegentliche Bemerkungen von *Helmholtz* hingewiesen, die er zwar nicht weiter verfolgt hat, in denen er aber mit größter Klarheit große künftige Entwicklungen vorausgesehen hat. Im Jahre 1880 betonte er gelegentlich, daß der freien Bewegung der Ionen in einem Elektrolyten keine anderen chemischen Kräfte entgegenstehen als die elektrostatischen Kräfte; in seiner Vorlesung zu *Faradays* Gedächtnisfeier (1881) erblickt er in den Ionen chemische Verbindungen zwischen den Atomen der gewöhnlichen Elemente und den elektrischen Elementaratomen; es ist offensichtlich, daß er im ersten Falle die Hypothese der elektrolytischen Dissoziation, im zweiten Falle die Lehre von den Elektronen mit prophetischem Auge geschaut hat. Die Zahl ähnlicher Beispiele ließe sich noch vermehren; so bietet daher das Studium der elektrochemischen Arbeiten von *Helmholtz* auch heute noch mannigfache Anregung und Förderung. Überall spürt man die ungewöhnlich breite Basis, auf der seine wissenschaftliche Ausbildung beruhte, überall fühlt man, daß man es mit einem genialen Theoretiker zu tun hat, der zugleich ein Meister in der Experimentierkunst war.

Helmholtz als Erkenntnistheoretiker.

Von A. Riehl, Berlin.

Um das Bild des großen Forschers, dessen Gedächtnis diese Blätter erneuern sollen, zu vervollständigen, darf auch der Anteil, den *Helmholtz* an den Fragen und Untersuchungen der Erkenntnistheorie genommen hat, nicht unerwähnt bleiben. Als Erkenntnistheorie bezeichnen wir die Prüfung der Quellen unseres Wissens, die Feststellung und Begründung der Voraussetzungen aller Wahrheits- und Wirklichkeitsforschung — ein Geschäft, welches, wie *Helmholtz* mit Nachdruck verkündete, „für immer der Philosophie verbleiben wird und dem sich kein Zeitalter ungestraft wird entziehen können“. Philosophie und forschende Wissenschaft arbeiten auf

diesem gemeinsamen Boden einander entgegen, und ihre von entgegengesetzten Standpunkten aus gewonnenen Ergebnisse ergänzen und bestätigen sich wechselseitig. Während nämlich jene die aus dem Denken stammenden Grundbegriffe unseres Wissens zu ermitteln und die Grenzen ihrer Gültigkeit von den Objekten zu bestimmen sucht, stellt sich diese die Aufgabe, durch Absonderung alles Theoretischen, also nur Subjektiven, festzustellen, was von unserem Wissen unmittelbar und reiner Ausdruck der Tatsachen ist. Indem *Helmholtz* an seine klassischen Untersuchungen zur Lehre der Gesichtswahrnehmungen erkenntnistheoretische Folgerungen knüpfte

und die überlieferten physikalischen Begriffe von Materie und Kraft der Kritik unterwarf, ward er zum Mitbegründer einer neuen Epoche der Philosophie, die er 1855 mit dem *Kants* Andenken gewidmeten Vortrag: „Über das Sehen des Menschen“ eröffnete. Es ist die Epoche der wissenschaftlichen Philosophie. Sie hat die Fäden der Verbindung der Philosophie mit der positiven Wissenschaft dort wieder angeknüpft, wo sie von der Naturphilosophie abgerissen worden waren, also die Philosophie zunächst auf den gesunden Boden der Erfahrungstheorie *Kants* zurückgeführt. „Die prinzipielle Spaltung, welche Philosophie und Naturwissenschaft trennte, bestand,“ so urteilte *Helmholtz*, „zu *Kants* Zeiten noch nicht. *Kant* stand in Beziehung auf die Naturwissenschaften mit den Naturforschern auf genau denselben Grundlagen.“ Ja, *Kants* eigene naturwissenschaftlichen Arbeiten könnten uns sogar berechtigen, „den Philosophen auch unter die Zahl der Naturforscher zu setzen“.

Früh ist in *Helmholtz* das Interesse für erkenntnistheoretische Fragen erwacht, das ihn durch sein ganzes wissenschaftliches Leben hindurch begleiten sollte. Die ersten Anregungen dazu empfing er von seinem Vater, der in Berlin *Fichte* gehört hatte und am liebsten selbst Philosoph geworden wäre, hätte ihn nicht die Rücksicht auf sein Fortkommen gezwungen, sich der Philologie zuzuwenden. Er blieb indes auch als Lehrer am Gymnasium zu Potsdam Anhänger *Fichtes*, und der Sohn konnte ihn oft mit Kollegen, die *Hegel* oder auch *Kant* vertraten, streiten hören. Gewiß ist es dem Eindruck dieser Debatten zuzuschreiben, wenn *Helmholtz* von der Verurteilung der nachkantischen Philosophie *Fichte* stets ausgenommen hat, mit der Einschränkung freilich: „so weit er ihn verstanden habe“. *Fichtes* „Nicht-Ich“ z. B. erschien ihm noch zuletzt als der „ganz zutreffende negative Ausdruck für die Beobachtungstatsache, daß der Kreis der uns zurzeit wahrnehmbaren Gegenstände nicht durch einen bewußten Akt unseres Vorstellens oder Willens gesetzt ist“. Den entscheidenden Einfluß auf seine philosophische Entwicklung brachte ihm das Studium *Kants*, das *Helmholtz* mit siebzehn Jahren als Eleve des Friedrich-Wilhelm-Institutes begann und fortsetzte, als er, im zweiten Semester, bei *Johannes Müller* Physiologie hörte. Aus dieser gleichzeitigen Beschäftigung mit den Lehren des Philosophen und des Physiologen ging jene Verbindung ihrer Lehren hervor, die seine Auffassung *Kants* dauernd bestimmt hat. *Helmholtz* übersetzte die hierher gehörigen Grundanschauungen *Kants* in die Sprache der Sinnesphysiologie, womit er sie zugleich, wie wir heute sehen, umgedeutet hat. Wie populär diese Auffassung *Kants*, die sich schon durch ihre Anschaulichkeit empfahl, in weiteren Kreisen wurde, beweist u. a. der Erfolg des Buches von *Lange*: Die Geschichte des Materialismus, das ganz auf ihr beruhte, und

unter ihrem Eindruck nannte *Rokotansky Kant* den „Mann der Physiologen“.

Den leitenden Gesichtspunkt für seine physiologische Interpretation *Kants* gab für *Helmholtz* die Analogie der Formen des Anschauens und Denkens mit den „spezifischen Energien“ der Sinne. „Indem *Kant*,“ heißt es in dem Vortrag: „Das Sehen des Menschen“, „das Gesetz der Kausalität und die übrigen Formen der Anschauung und Gesetze des Denkens aufsuchte und als solche nachwies, leistete er damit für die Lehre von den Vorstellungen dasselbe, was in einem engeren Kreise für die unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmungen auf empirischem Wege die Physiologie durch *Johannes Müller* leistete.“ Übereinstimmend damit nennt *Helmholtz* in der „Physiologischen Optik“ das Müllersche Gesetz „in gewissem Sinne die empirische Ausführung der theoretischen Darstellung *Kants* von der Natur des menschlichen Erkenntnisvermögens“. „Kurz vor Beginn des neuen Jahrhunderts“, so entwickelt *Helmholtz* seine Anschauung, „hatte *Kant* die Lehre von den vor aller Erfahrung gegebenen, oder wie er sie deshalb benannte, transzendentalen Formen des Anschauens und des Denkens ausgebildet, in welche aller Inhalt unseres Vorstellens notwendig aufgenommen werden muß, wenn er zur Vorstellung werden soll. Für die Qualitäten der Empfindung hatte schon *Locke* den Anteil geltend gemacht, den unsere körperliche und geistige Organisation an der Art hat, wie die Dinge erscheinen. In dieser Richtung nun haben die Untersuchungen über die Physiologie der Sinne, welche namentlich *Johannes Müller* vervollständigte und dann in das Gesetz der spezifischen Sinnesenergien zusammenfaßte, die vollste Bestätigung, man könnte fast sagen, in einem unerwarteten Grade gegeben und dadurch zugleich das Wesen und die Bedeutung einer solchen von vornherein gegebenen subjektiven Form des Empfindens in einer sehr einschneidenden und greifbaren Weise zur Anschauung gebracht. Die Qualitäten der Empfindung erkennt also auch die Physiologie als Form der Anschauung an. *Kant* aber ging weiter, auch Zeit und Raum spricht er als gegeben durch die Eigentümlichkeiten unseres Anschauungsvermögens aus. Er bezeichnete die Zeit als die gegebene und notwendige transzendente Form der inneren, den Raum als die entsprechende der äußeren Anschauung. Selbst hier wird die naturwissenschaftliche Betrachtung bis zu einer gewissen Grenze mitgehen können.“

Die Absicht von *Helmholtz* ist verständlich. Er will die „theoretische“ Darstellung *Kants*, soweit sie ihm richtig erscheint, durch sinnesphysiologische Ausführungen sicherstellen, — und sie erscheint ihm richtig, soweit sie sich durch solche Ausführungen erläutern läßt. Hat er sie aber damit nicht von niemals völlig sichern, weil empirischen Anschauungen abhängig gemacht? Das Müllersche Gesetz, das der Lehre

Kants zur Stütze und Bestätigung dienen sollte, ist nicht unbestritten geblieben; die Mehrzahl der heutigen Physiologen hat es vielmehr in seiner ursprünglichen Form aufgegeben, und gerade von *Helmholtz* selbst wurde es in einer Weise fortgebildet, die im Grunde seiner Aufhebung gleichkommt.

Helmholtz mußte bei seiner Auffassung *Kants* alles Gewicht auf den subjektiven Ursprung der Erkenntnisse a priori legen; *Kants* Vorhaben dagegen war der Beweis der objektiven Gültigkeit dieser Erkenntnisse, *obgleich* sie a priori sind. Diesen Beweis nannte *Kant* transzendental. Durch die Berufung auf die Organisation unseres Geistes läßt er sich nicht führen, denn daraus würde sich immer nur eine subjektive Notwendigkeit ergeben: weil wir so eingerichtet sind, können wir nur so und nicht anders vorstellen. Dies aber hieße unser Unvermögen zu einem Argument für die Wahrheit und Realität unserer Vorstellungen machen. Subjektive Notwendigkeit und objektive Allgemeingültigkeit decken sich nicht. Der allgemeine Kausalsatz z. B. ist subjektiv nicht notwendig, da wir infolge eines natürlichen Scheines gewohnt sind, unsere willkürlichen Handlungen für frei zu halten. d. i. ohne Abhängigkeit von einer vorangegangenen Ursache zu denken, und doch zweifelt kein Forscher an der Allgemeingültigkeit des Satzes, mindestens ist in der Abwesenheit seiner subjektiven Notwendigkeit kein Beweis gegen seine ausnahmslose Gültigkeit zu finden. Bei *Helmholtz* fließen die Begriffe: dem Subjekt eigentümlich, a priori und transzendental zusammen. Damit fällt der ganze „transzendente“ Beweis der Erkenntnisse a priori aus, der auch in der Tat für die Physiologie und die Psychologie des Erkennens nicht vorhanden, noch mit ihren Mitteln zu führen ist. Es wäre gewiß kleinlich, wollten wir bemängeln, daß der große Forscher nicht zugleich ein „Kantphilologe“ war; in diesem Falle handelt es sich aber nicht um einen Streit um ein Wort, das Wort: transzendental, das wir am liebsten völlig preisgeben möchten, sondern um die Sache, d. h. die Methode. *Kant* hat ferner Anschauungsformen und Empfindungsarten nicht gleichgesetzt, sondern unterschieden. Und zwar mit Recht. Denn wir gelangen zur Kenntnis jener Formen eben dadurch, daß wir von den Empfindungen absehen und unsere Aufmerksamkeit auf ihre räumliche und zeitliche Anordnung richten. Raum und Zeit geben sich uns bei dieser isolierenden Abstraktion als die allgemeinen Formen oder Gesetze unseres Anschauens zu erkennen. *Kant* bezeichnet, wie man weiß, die Vorstellungen des Raumes und der Zeit als reine Anschauungen, um sie dadurch ebenso von Vorstellungen der Sinne wie von den Begriffen des reinen Verstandes zu unterscheiden.

Auf das Verhältnis von *Helmholtz* zu *Kants* Raumlehre kann hier nicht näher eingegangen

werden. Anscheinend hat die moderne Relativitätstheorie seiner empiristischen Raumlehre, die er der transzendentalen *Kants* gegenüberstellte, den Sieg gebracht. In Wahrheit hat uns jene Theorie nicht genötigt, unsere Begriffe von Raum und Zeit zu ändern, nur unsere hergebrachten Anschauungen über die Bedingungen der Zeitmessung und der mit ihr zusammenhängenden Messung der Längen von Strecken haben durch sie eine durchgreifende Änderung erfahren. Es wäre übrigens irrtümlich, *Helmholtz* nur als Gegner der *Kantschen* Raumlehre aufzufassen. Hatte er doch selbst erklärt, daß auch die naturwissenschaftliche Betrachtung bis zu einer gewissen Grenze mit *Kant* mitgehen könne. So sei die Lehre „von den a priori gegebenen Formen der Anschauung ein sehr glücklicher und klarer Ausdruck des Sachverhältnisses“. Nur müßten „diese Formen inhaltleer und frei genug sein, um jeden Inhalt, der überhaupt in die betreffende Form der Anschauung eingehen kann, aufzunehmen. Die Axiome der Geometrie aber beschränken die Anschauungsform des Raumes — lassen wir sie fallen, so ist die Lehre von der Transzendentalität, gemeint ist die Apriorität, der Anschauung des Raumes ohne Anstoß. Der Raum kann transzendental sein, ohne daß es die Axiome sind.“ Wenn aber *Helmholtz* behauptet, die Axiome der Geometrie seien Sätze, die durch Beobachtung geprüft und, wenn sie unrichtig wären, eventuell widerlegt werden könnten, so genügt es, dieser Behauptung seine eigenen Worte gegenüberzustellen: „daß wir darüber, ob ein Körper fest, ob seine Flächen eben, seine Kanten gerade sind, erst mittels derselben geometrischen Sätze entscheiden, deren tatsächliche Richtigkeit wir prüfen wollen“. Damit ist so klar und präzise wie möglich die Unabhängigkeit der rein geometrischen Begriffe von der Erfahrung und ihr normativer Charakter gegenüber den Beobachtungen der Sinne ausgesprochen. *Helmholtz* konnte bei seiner Meinung nur an die astronomischen Messungen der Winkel geradliniger Dreiecke gedacht haben, deren Resultat (bisher, wie wir hinzufügen müssen) mit der Winkelsumme solcher Dreiecke gleich zwei Rechten übereinstimmte. Dies sind aber nicht Messungen des Raumes, sondern solche von Abständen von Dingen im Raume. Auch wird in der Geometrie die Winkelsumme nicht tatsächlich gemessen, sondern demonstriert und berechnet. Die Geometrie ist die Wissenschaft nicht der Raummessung, sondern der Gesetze der Messung räumlicher Dinge. Daher beruht die geometrische Messung nicht wie die physikalische auf der Voraussetzung, daß unsere Meßwerkzeuge wirklich Körper von unveränderlicher Form, feste Körper sind — es genügt für sie, daß der Verstand fest bleibt und seine Begriffe identisch erhält.

Nur das berechtigte Mißtrauen gegen alles metaphysische Scheinwissen hat *Helmholtz* in einen Gegensatz zur *Kantschen* Raumlehre ge-

bracht, der von den Prinzipien seiner eigenen Erkenntnistheorie durchaus nicht gefordert erscheint. Sie hat insbesondere der Verwechslung von *Kants* reiner Anschauung und der intellektuellen *Schellings* und der metaphysischen Naturphilosophen veranlaßt. Denn nur von dieser durfte *Helmholtz* sagen, sie sei zum Ankerplatz der Metaphysik geworden, auch sei sie noch bequemer als das reine Denken. *Kants* reine Anschauung dagegen, statt, wie *Helmholtz* meinte, dazu bestimmt zu sein, einen Ausweg für die Metaphysik offen zu lassen, sollte vielmehr im Gegenteil das Mittel sein, jede theoretische Erkenntnis des Metaphysischen abzuschneiden und zu zeigen, „daß alle Erkenntnis aus reinem Verstand oder reiner Vernunft lauter Schein ist und Wahrheit nur in der Erfahrung“. Außerdem wendet sie sich noch ausdrücklich gegen die metaphysischen Mathematiker von der Schule von *Leibniz* und weist diesen gegenüber die reale Gültigkeit der Geometrie für alle äußeren Erscheinungen der Dinge nach. *Kant*, so erfahren wir endlich von *Helmholtz*, hatte Raum und Zeit kurzweg als gegebene Formen der Anschauung hingestellt, ohne weiter zu untersuchen, wie viel in der näheren Ausbildung der einzelnen räumlichen und zeitlichen Anschauungen aus der Erfahrung hergeleitet sein könnte. Diese Untersuchung, fügt *Helmholtz* mit Recht hinzu, lag auch außerhalb seines Weges. Sie konnte auch auf seinem Wege gar nicht liegen, weil sie Aufgabe empirischer Wissenschaften ist, der Physiologie und der Psychologie. Diese haben die Bedingungen und Wege zu ermitteln, welche zur Erwerbung der besonderen räumlichen Anschauungen führen und der Anpassung der Eindrücke und Fähigkeiten der betreffenden Sinneswerkzeuge an empirisch gegebene Dinge und Verhältnisse. Und nun ist es das besondere Verdienst des Herausgebers der 3. Auflage der „Physiologischen Optik“, überzeugend nachgewiesen zu haben, daß gerade für einen wesentlichen Teil von *Helmholtz*' Lehre, für die Lokalisationstheorie, die Kantische Lehre von der Einheitlichkeit und Unveränderlichkeit der Raumvorstellung diejenige Grundlage bildet, auf der sie sich am einfachsten und verständlichsten aufbauen läßt, wogegen gerade jene Anschauungen, die *Helmholtz* unter dem Namen der nativistischen bestritten hat, um ihres sensualistischen Grundzuges willen, mit der Aprioritätslehre *Kants* im direktesten Widerspruche stehen.

Die erkenntnistheoretischen Grundanschauungen von *Helmholtz* haben eine Entwicklung erfahren, die sie scheinbar von *Kant* entfernte, in Wahrheit aber doch nur eine Fortbildung der Kantischen Gedanken darstellt. Wohl näherte sich *Helmholtz* in einiger Entfernung den positivistischen Lehren *Humes* und seines geistigen Nachfolgers *J. St. Mill*. Der ursprüngliche Kantische Einschlag in sein Denken bewahrte ihn vor einseitiger Parteinahme für den reinen Po-

sitivismus. Betrachtete er doch seine eigene empiristische Theorie des Wissens nur als eine wahrscheinliche und durch die Einfachheit ihrer Voraussetzungen ausgezeichnete Hypothese. Er wußte und hat es selbst erklärt, daß das Bestreben, alle Erkenntnis auf Empirie zu gründen, bei *Hume* in der Leugnung aller Möglichkeit von objektiver Erkenntnis endete. Er selbst hat zeit lebens nicht bloß an der Möglichkeit, sondern an der Wirklichkeit der objektiven Erkenntnis festgehalten. Mochte er also auch gelegentlich das Argument *Humes*: keine bisherige Gesetzmäßigkeit kann künftige Gesetzmäßigkeit beweisen, wiederholen, schon der ganz andere Ursprung und damit die andersartige Bedeutung, die er dem allgemeinen Kausalsatz zuschrieb, — er leitete die Verallgemeinerung des Satzes nicht von der Gewohnheit ab, sondern aus dem Denken, — trennte ihn von der Gefolgschaft *Humes*.

Die Auffassung der Philosophie, nach ihrem wesentlichen theoretischen Berufe als Lehre der Quellen des Wissens, kehrt in den Schriften von *Helmholtz* immer wieder, ebenso die Unterscheidung der Philosophie von der Metaphysik. Nichts schien ihm der Philosophie so verhängnisvoll geworden zu sein als ihre Verwechslung mit der Metaphysik. Wir werden ihm hierin Recht geben müssen, denn er beschränkt den Namen der Metaphysik auf diejenige vermeintliche Wissenschaft, deren Zweck es ist, „durch reines Denken Aufschlüsse über die letzten Prinzipien des Zusammenhanges der Welt zu gewinnen“. Von dieser Art Scheinwissenschaft pflegte er zu sagen: ein metaphysischer Schluß ist entweder ein Trugschluß, oder ein versteckter Erfahrungsschluß. Der Prozeß gegen diese Metaphysik ist ausgetragen und die Akten desselben sind in der Kritik der reinen Vernunft niedergelegt, „zur Verhütung künftiger Irrungen ähnlicher Art“. Es gibt eine Metaphysik auch in der Naturwissenschaft. *Helmholtz* aber war ein zu tiefer Denker, um materialistischen Anschauungen zu huldigen. Er meinte, es sei an der Zeit, wie früher gegen spiritualistische, so gegenwärtig gegen materialistische Metaphysiker Front zu machen und tadelte es, wenn Naturforscher, die sich am meisten in der Aufklärung vorgeschritten zu sein dünken, aus den überlieferten Formen der Begriffe der Materie, der Kraft, der Atome neue metaphysische Stichworte machen. Was wir erreichen können, ist die Kenntnis der gesetzlichen Ordnung im Reiche des Wirklichen, dargestellt in dem Zeichensystem unserer Sinnesindrücke.

In der Ablehnung jeder transzendenten Metaphysik blieb *Helmholtz* Anhänger und ward durch seine eigenen erkenntnistheoretischen Beiträge der echte Erbe *Kants*. — *Kants* Philosophie, äußert er in dem Vortrag über das Sehen des Menschen, „beabsichtigte nicht, die Zahl unserer Kenntnisse durch das reine Denken zu vermehren, denn ihr oberster Satz war, daß alle Erkennt-

nis der Wirklichkeit aus der Erfahrung geschöpft werden müsse.“ Und übereinstimmend heißt es in der Rede von 1862 über das Verhältnis der Naturwissenschaften zur Gesamtheit der Wissenschaften: „*Kants* kritische Philosophie ging darauf aus, die Quellen und die Berechtigung unseres Wissens zu prüfen und den einzelnen übrigen Wissenschaften den Maßstab für ihre geistige Arbeit aufzustellen. Ein Satz, der a priori durch unser Denken gefunden war, konnte nach seiner Lehre immer nur eine Regel für die Methode des Denkens sein, aber keinen positiven und realen Inhalt haben.“ Wir werden an Aussprüche in der Kritik der reinen Vernunft erinnert, die diesen Sätzen von *Helmholtz* zur Bestätigung dienen mögen. „In dem bloßen Begriff eines Dinges kann gar kein Charakter seines Daseins angetroffen werden. Denn daß der Begriff vor der Wahrnehmung vorhergeht, bedeutet dessen bloße Möglichkeit, die Wahrnehmung aber, die den Stoff zum Begriffe hergibt, ist der einzige Charakter der Wirklichkeit. Fangen wir nicht von der Erfahrung an, oder gehen wir nicht nach Gesetzen des empirischen Zusammenhanges der Erscheinungen fort, so machen wir uns vergeblich Staat, das Dasein irgendeines Dinges erraten oder erforschen zu wollen.“ Erst die „Identitätsphilosophie“ *Schellings* und *Hegels* hat den „gesunden Standpunkt *Kants*“ verlassen, und es ist von Interesse, das Urteil zu vernehmen, das *Helmholtz* in der genannten Schrift gegen sie richtet. Diese Philosophie, welche jeden, nicht aus dem Geiste stammenden Inhalt der Erkenntnis leugnete, „ging von der Hypothese aus, daß auch die wirkliche Welt, die Natur und das Menschenleben, das Resultat der Denkkraft eines schöpferischen Geistes sei, welcher Geist seinem Wesen nach als dem menschlichen Geiste gleichartig betrachtet wurde“. So mußte sie darauf ausgehen, die wesentlichen Resultate der übrigen Wissenschaften a priori zu konstruieren, — „neue aber konnte sie nicht ableiten“. Mit Recht sieht nun *Helmholtz* das entscheidende Prüfungsmittel für die Richtigkeit jener Hypothese nicht in der mehr oder weniger gelungenen Konstruktion der Hauptergebnisse der Geisteswissenschaften, in Gebieten also, wo wir mit Tätigkeitsäußerungen des menschlichen Geistes zu tun haben, sondern in den Tatsachen der äußeren Natur. Ist die Natur das Resultat eines Denkprozesses, so mußten sich mindestens ihre einfacheren Formen und Vorgänge dem System einordnen lassen. „Aber hier gerade scheiterten die Anstrengungen der Identitätsphilosophie.“ Und damit schien die Philosophie selbst gescheitert zu sein. „Sie hatte alles in Anspruch nehmen wollen, jetzt war man kaum noch geneigt, ihr einzuräumen, was ihr wohl mit Recht zukommen möchte“; das Mißtrauen gegen ihre jüngsten Systeme wurde auf die ganze Wissenschaft der Philosophie übertragen. *Helmholtz* aber warnte die Naturforscher davor, mit

den ungerechtfertigten Ansprüchen, welche die Identitätsphilosophie erhob, nicht auch die berechtigten Ansprüche der Philosophie überhaupt über Bord zu werfen: die Ansprüche nämlich, wie er wiederholt, die Kritik der Erkenntnisquellen auszuüben und den Maßstab der geistigen Arbeit festzustellen.

Helmholtz war im Rechte, zu sagen, das Denken a priori könne nur formal richtige und notwendige Sätze ergeben, die niemals irgend eine Folgerung über Tatsachen einer möglichen Erfahrung zulassen können, die Folgerung angenommen, fügen wir hinzu, über die Möglichkeit oder die Form der Erfahrung selbst.

Die Philosophie des Wissens hat zwei Hauptfragen zu beantworten: die Frage nach dem Ursprung und der Entwicklung des Wissens; es ist dies die Frage seiner psychologischen Deduktion und die Frage nach der Realität oder der objektiven Gültigkeit des Wissens — diese nannte *Kant* die Frage seiner transzendentalen Deduktion.

In seiner Ansicht über den Ursprung des Wissens schränkt *Helmholtz* den Nativismus, die Annahme angeborener Fähigkeiten des Geistes so weit ein, als es mit den Tatsachen vereinbar ist, vielleicht noch über diese Grenze hinaus. Als Wirkungen angeborener Organisation läßt er beim Menschen nur noch Reflexbewegungen und Triebe gelten, die letzteren den Gegensatz des Wohlgefallens an einzelnen Eindrücken, des Mißfallens gegen andere umschließend. Dazu kommt die Fähigkeit des Gedächtnisses, dessen unbewußte Arbeit bei der Bildung von Anschauungen durch unreflektierte Analogie- oder Induktionsschlüsse die entscheidende Rolle spielt. Um das blitzschnelle und ohne die geringste Besinnung zustande kommende Verständnis der normalen Bedeutung oft wiederholter Perceptionen zu erklären, beruft sich *Helmholtz* sehr instruktiv auf das Verständnis der Muttersprache, das ohne Zweifel durch häufig wiederholte Erfahrung erlernt ist. Als die Urquelle alles empirischen Wissens erscheint *Helmholtz* die Übertragung des bisher Erfahrenen in das künftig zu Erfahrende. Als einer der Hauptsätze dieser psychogenetischen Theorie erscheint der Satz, „daß keine unzweifelhaft gegenwärtige Empfindung durch einen Akt des Verständnisses beseitigt und überwunden werden kann“. Dabei hat der empiristische Denker nicht ganz vergessen, „daß der Intellekt in gewissem Sinne sich selbst angeboren ist“. Er erklärt ausdrücklich, „schon die ersten elementaren Vorstellungen enthalten in sich ein Denken und gehen nach den Gesetzen des Denkens vor sich; alles, was in der Anschauung zu dem rohen Materiale der Empfindungen hinzukommt, kann in Denken aufgelöst werden“. Es ist eine ansprechende Erklärung, wie aus der Verbindung verschiedener Gesichtsbilder, die von einem und demselben Objekte ausgehen, die Vorstellung der Körperform des Objektes erwächst.

als ein sinnlicher Begriff, der dem Verständnis des Objektes zur Regel dient. So bewirkt auch nach *Helmholtz* das Denken Einheit in der Verknüpfung der Sinneseindrücke und sinnlichen Vorstellungen; und aus dieser wahren Urquelle des Wissens werden im letzten Grunde auch jene Einheitsbegriffe a priori herkommen, die nicht in der Erfahrung gegeben sind, weil sie selbst die Erfahrung begründen.

Bei der Frage nach der Art der Übereinstimmung zwischen den Vorstellungen und ihrem Objekte, oder der Art von Wahrheit, die wir unseren Vorstellungen und Perzeptionen zuschreiben dürfen, dieser eigentlichen Frage der objektiven Erkenntnistheorie legt *Helmholtz* alles Gewicht auf den Begriff der Gesetzlichkeit. „Das Auge kann nichts sehen, was ihm nicht als Licht und Farbe erscheint, ebenso kann der Geist nichts begreifen, in dem er kein Gesetz findet.“ „Was wir unzweideutig und als Tatsache ohne hypothetische Unterschiebung finden können, ist das Gesetzliche, zunächst die gesetzliche Verbindung zwischen unseren Bewegungen und den dabei auftretenden Empfindungen.“ Und wiederum: „was wir direkt wahrnehmen, ist nur das Gesetz, das gleichbleibende Verhältnis zwischen veränderlichen Größen.“ Schillers Wort „von dem ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht“ war ein Lieblingswort von *Helmholtz*. Das Gesetzmäßige, so heißt es ferner ebenso prägnant wie treffend, ist die wesentliche Voraussetzung für den Charakter des Wirklichen, ein Satz, der völlig im Einklange steht mit einer Hauptlehre der kritischen Philosophie. Die Gesetzlichkeit ist infolge dieser Lehre nicht erst ein Ergebnis, sie ist die Voraussetzung der Erfahrung und sie ist ein notwendiges Ergebnis derselben, weil sie ihre Voraussetzung ist. Ebenso entspricht auch der folgende Satz: „Die besondere Art einer ursächlichen Verbindung wird immer nur in hypothetischen Weise gefunden werden können“ völlig der Lehre der Kritik, welcher zufolge jedes inhaltlich bestimmte Kausalverhältnis nur auf Erfahrung beruht und diese kann niemals mehr als „komparative“ Allgemeinheit ergeben.

Auch die Begriffe Ursache, Kraft führt *Helmholtz* auf den Begriff des Gesetzlichen zurück. „Sofern wir das Gesetzliche als ein unabhängig von unserem Vorstellen bestehendes anerkennen“, nennen wir es Ursache; wir nennen es Kraft, insofern wir es als eine unserm Willen gleichwertige (nicht gleichartige!) Macht anerkennen. Der Begriff der Substanz dagegen, dessen, was ohne Abhängigkeit von einem anderen besteht, bleibt „immer problematisch“, sofern bei seiner Anwendung „weitere Prüfung vorbehalten bleibt“. (Man muß hier die geistvolle Skizze einer Naturforscherrrede über den Begriff der Substanz und die geschichtliche Entwicklung seiner Bedeutung und Anwendung heranziehen. Die Aufzeichnungen darin stammen aus den letzten Tagen des Den-

kers, kurz vor seinem Tode und zeigen sein Interesse für das geschichtliche Studium, das die Kontinuität der Forschung zu erhalten dient.)

Die Voraussetzung des Gesetzlichen in Natur und Wirklichkeit ist gleichbedeutend mit der Voraussetzung des Kausalsatzes, und diese mit der Aufgabe, die Erscheinungen zu begreifen. Setzen wir voraus, daß das Begreifen zu vollenden sein werde, so nennen wir das regulative Prinzip unseres Denkens, was uns dazu treibt, das Kausalgesetz. Dieses Gesetz hat den übrigen Hypothesen, welche besondere Naturgesetze aussagen, gegenüber eine Ausnahmestellung, da es die Voraussetzung der Gültigkeit aller anderen ist und die einzige Möglichkeit für uns gibt, überhaupt etwas nicht Beobachtetes zu wissen. Außerdem bildet es die notwendige Grundlage für absichtliches Handeln und endlich werden wir darauf hingetrieben durch die natürliche Mechanik unserer Vorstellungsverbindungen. — Denken heißt, die Gesetzmäßigkeit suchen, urteilen heißt sie gefunden haben. Ohne Kausalgesetz also kein Denken. Kein Denken ohne Anerkennung des Kausalgesetzes ist also eine Tautologie; es fragt sich, ob wir zum Denken berechtigt sind. Dies eben war die Frage der Kritik der reinen Vernunft. Das Kausalgesetz, dies steht seit *Humes* Untersuchungen fest, ist kein reines Denkgesetz. kein analytischer Satz, dessen Gegenteil ein Widerspruch wäre, es behauptet etwas von den Objekten des Denkens, den Veränderungen in der Natur, und es behauptet dies — a priori.

Auch *Helmholtz* steht auf dem Boden der realistischen Naturanschauung. Er verwirft die Meinung moderner Kantianer, *Kants* „Ding an sich“ solle nur einen transzendentalen Schein bedeuten, als unkantisch und wissenschaftlich unbrauchbar. Mit der ihm eigentümlichen Meisterschaft der Anschaulichkeit widerlegt er die subjektivistischen Konsequenzen, die man irrtümlich aus der Lehre *Kants* ziehen zu können meinte. „Das Auge kann alles, was es wahrnimmt, nur in der Form von Licht und Farbenempfindungen wahrnehmen. Daß es alles nur in dieser Weise sieht, beruht in seiner ihm von Anfang an gegebenen Struktur und ist unabhängig von den Objekten, die es sieht. Aber daß es an einer Stelle des Sehfeldes Dunkel sieht, an einer zweiten Hell, hier Rot, dort Gelb und daß diese Eindrücke mit der Zeit wechseln, das hängt sicherlich nicht bloß von seiner angeborenen Anschauungsform ab, sondern von unabhängigen Ursachen, die auf das Organ einwirken und von denen wir Näheres nur erfahren können, indem wir die Gesetze ihrer Einwirkung studieren.“ Was hier an dem Beispiel der Qualitäten unserer Sinnesempfindungen erläutert wird, läßt sich unmittelbar auf die Raum- und Zeitform und die diese Formen bestimmenden Erscheinungen wirklicher von unseren Vorstellungen unabhängiger Objekte übertragen. *Helmholtz* hat selbst diese Übertragung ganz im Sinne der richtig verstandenen

Kantischen Lehre durchgeführt. „Daß ein Objekt an einem bestimmten besonderen Orte erscheint und nicht an einem anderen, wird abhängen müssen von der Art der realen Bedingungen, welche die Vorstellung hervorrufen. Wir müssen schließen, daß andere reale Bedingungen hätten vorhanden sein müssen, um zu bewirken, daß die Wahrnehmung eines anderen Orts des gleichen Objektes eintrete. Es müssen also in dem Realen irgendwelche Verhältnisse oder Komplexe von Verhältnissen bestehen, welche bestimmen, an welchem Ort im Raume uns ein Objekt erscheint. Von ihrer Natur wissen wir nichts; wir wissen nur, daß das Zustandekommen räumlich verschiedener Wahrnehmungen einer Verschiedenheit jener Verhältnisse (*Helmholtz* nennt sie topogene Momente) voraussetzt.“ Und was von dem Orte eines Objektes gilt, gilt in gleicher Weise von seiner Gestalt und Größe, seiner Lage und Entfernung von anderen Objekten, kurz von den gesamten empirisch gegebenen Bestimmungen seiner Erscheinung. Zu jeder solchen Bestimmung muß nach *Kants* damit übereinstimmender Lehre der Grund im Objekte selbst gegeben sein.

„Deduktion der Grundbegriffe, die aus der Natur des Begreifens und der vorausgesetzten Möglichkeit vollständiger Lösung der Aufgabe herfließen“, — so hat *Helmholtz* die Aufgabe der Philosophie für die Naturwissenschaften bestimmt, und damit ist dem Interesse, das der Naturforscher als solcher an philosophischen Untersuchungen zu nehmen hat, auch in der Tat genügt. Werden aus der Aufgabe der Naturforschung, die Erscheinungen zu begreifen, die Bedingungen, unter denen sie begreiflich sind, hergeleitet, so gelangt man zu Postulaten des Erkennens, und ein Fehler kann bei diesem Verfahren nicht unterlaufen, sofern diese Postulate nur innerhalb der Erfahrung gebraucht werden. Das Interesse der Philosophie aber führt weiter. Sie sucht aus dem Begriff der Erkenntnis die Bedingungen abzuleiten, unter denen die Erscheinungen selbst, die unmittelbaren Objekte des Naturerkennens gegeben werden und gelangt auf ihrem Wege zu Grundsätzen der Erfahrung; sie beweist, daß es Dinge geben müsse, die mit den Postulaten des Erkennens notwendig übereinstimmen, eben die Objekte der Erfahrung. Diese Aufgabe hat *Kant* der theoretischen Philosophie, der Philosophie des Wissens gestellt.

Es war ein außerordentliches Verdienst von

Helmholtz zur Zeit der Hegemonie, vielleicht dürfen wir im Hinblick auf die sechziger und siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts sagen: der Tyrannis der Naturwissenschaften auf die Berechtigung der Philosophie und ihre Bedeutung auch für die naturwissenschaftliche Forschung selbst nachdrücklich und mit dem Gewichte seiner Autorität hingewiesen zu haben. Ihm schien es selbstverständlich zu sein, „daß das Interesse an den berechtigten Aufgaben der Philosophie in der Menschheit nie dauernd erlöschen kann“, und er empfand die Befriedigung, die nur dem philosophisch gesinnten Naturforscher zuteil wird, „den ungeheuren Reichtum der Natur als ein gesetzmäßig geordnetes Ganzes, als ein Spiegelbild des gesetzmäßigen Denkens unseres eigenen Geistes zu überschauen“. Durch seine eigenen erkenntnistheoretischen Arbeiten trat er überdies in ein unmittelbares Verhältnis zur Philosophie. Ihm kam es darauf an, das Instrument genau kennen zu lernen, womit der Naturforscher arbeitet. Und wenn er *Kants* „Kritik“ mit dem Auge des Physiologen las, so ist es der nachfolgenden philosophischen Forschung nicht schwer geworden, seine Auffassung zu berichtigen. In der allgemeinen Richtung, die er als der Erste ihr gezeigt, bewegen sich auch heute noch ihre erkenntnistheoretischen Bestrebungen. Auch wir verfolgen das Ziel, Philosophie und positive Wissenschaft, Kritik und Forschung in gegenseitige Verbindung und Wechselwirkung zu bringen. — Die erkenntnistheoretischen Probleme aber erschöpfen den Beruf und die Aufgabe der Philosophie nicht. Auch *Helmholtz* hat es stets anerkannt, „daß die Geisteswissenschaften sich ganz direkt mit den teuersten Interessen des menschlichen Geistes und mit den durch ihn in die Welt eingeführten Ordnungen befassen“. Außer ihrem Verhältnis zu den exakten Wissenschaften der Natur hat die Philosophie ein nicht minder wesentliches Verhältnis und eine analoge Aufgabe in Beziehung auf die Wissenschaften der geistigen Institutionen und des menschlichen Handelns. Wie sie die methodischen Begriffe der Erfahrung und Wissenschaft prüft, so sucht sie auch die Gesetze und Normen des Handelns zu bestimmen. Aus beiden Aufgaben zumal erwächst ihr in immer klarerer und bestimmterer Gestalt das Bild der Welt und des Lebens, die philosophische Weltanschauung.

Helmholtz.

Erinnerungen eines Laboratoriumspraktikanten.

Von E. Goldstein, Berlin.

„Tanto nomini nullum par elogium!“ Die Grabschrift, die Florenz in der Santa Croce seinem großen Staatsmanne gesetzt hat, kam mir in den Sinn, als die Aufgabe an mich herantrat, zum Gedächtnis von *Helmholtz* einen Bei-

trag zu liefern, der, aus persönlichen Erinnerungen, seines Wirkens als Lehrer und seiner rein menschlichen Eigenschaften gedenken sollte.

Kein Elogium also sollen die nachfolgenden Zeilen sein. Sie gelten nicht dem überragenden

schöpferischen Genius, „um den, wie einst um *Homer* sieben Städte sich stritten, sich sieben Wissenschaften streiten“¹⁾ — nur dem großen Lehrer, dem großen und gütigen Menschen sollen einige Erinnerungsbilder in schlichter Skizzierung gewidmet sein.

Es mag nach den Anschauungen, die über *Helmholtz'* Lehrbegabung verbreitet sind, manchen überraschen, daß ich *Helmholtz* als Lehrer rühme. Ich spreche hier nicht von seiner Lehrtätigkeit auf dem Katheder, nur von seiner pädagogischen Wirkung im Laboratorium. Befremdliche Legenden haben sich auch um diese Tätigkeit und ihre Erfolge gerant: Der Professor, heißt es in einer dieser Darstellungen, war schwer erreichbar für seine Praktikanten, hielt sich meist in seinem Arbeitszimmer auf u. dgl. mehr. Ich habe keinen Lehrer gekannt, der mit größerer Gewissenhaftigkeit und Hingabe den übernommenen Aufgaben auch im Laboratoriumsunterricht nachkam, als *Helmholtz*. Er erschien im Laboratorium täglich um 10 Uhr und blieb, abgesehen von der Kollegstunde, dort bis 4 Uhr. Im alten Berliner Institut (im Ostflügel der Universität 1871—78) besuchte er am Vormittag wie am Nachmittag jeden einzelnen Praktikanten und war außerdem sowohl in der Zwischenzeit, wie nach Absolvierung der beiden Besuchsunden, jederzeit bereit, zur Besichtigung unerwarteter Erscheinungen oder zur Raterteilung bei Schwierigkeiten sich in Anspruch nehmen zu lassen.

Im Jahre 1877 hatte *Helmholtz* das Unglück, eine sechzehnjährige Tochter durch den Tod zu verlieren. Der Tod war um 6 Uhr morgens eingetreten, aber um 10 Uhr war der Pflichtgetreue wie alltätlich im Laboratorium zur Stelle und führte den gewohnten Rundgang aus. — Auch im Neuen Institut (am Reichstagsufer) mit seinen viel zahlreicheren Arbeitszimmern besuchte er noch jeden Praktikanten mindestens einmal täglich und war dann, da seine Dienstwohnung sich im selben Gebäude befand, noch bis in den Abend hinein für besondere Anliegen der Schüler zu sprechen.

Im Januar 1892 veranlaßte mich mein damaliger Chef, Prof. W. Foerster, auf der Sternwarte einen Demonstrationsvortrag für einige maßgebende Persönlichkeiten aus dem Kultusministerium zu halten, in der Hoffnung, dadurch die Gewährung von Arbeitsräumen zu erzielen, die mir, obwohl ich seit 1888 angestellt war, seitens der Regierung noch nicht bewilligt waren. Foerster legte Wert darauf, daß ich auch *Helmholtz*, der damals schon Präsident der Reichsanstalt war, zu dem betreffenden Abend bäte, weil seine Anwesenheit an sich eine Empfehlung für meine Arbeiten sein würde. Erst am Morgen des Vortragstages entschloß ich mich, *Helmholtz* zu behelligen. Ich traf ihn als schwachen Rekonvales-

zenten nach einer schweren Influenza, so daß ich zwar aufrichtig den ursprünglichen Zweck meines Besuches angab, aber mit Rücksicht auf sein Befinden meine Bitte sofort zurückzog. Am Abend des bitterkalten Tages erschien *Helmholtz* als erster meiner Gäste, und seine Befürwortung meiner Arbeiten war eine so warme, daß selbst mein ebenfalls anwesender Dauergegner *Althoff* wenigstens für einen Abend seine Gegnerschaft aufgab!

Ich will nicht schildern, wie ich bei besonderen Anlässen noch manchesmal über die Zeit und Bemühung des gütigen Lehrers in weitgehendem Maße verfügen durfte: es könnte den falschen Anschein wecken, als wenn ich irgendeine Bevorzugung genossen hätte, — *Helmholtz* war gleich opferbereit für alle seine Schüler!

Aber es war nicht nur seine Zeit, die er den Schülern so freigiebig schenkte, — Wertvollstes für ihr ganzes wissenschaftliches Leben hat er ihnen vor allem gegeben durch die Erziehung zur wissenschaftlichen Vorsicht und zur Selbstkritik!

Jedermann weiß, wie sehr jüngere Forscher dazu neigen, spärliche Beobachtungen schnellfertig als sichere Bestätigungen vorgefaßter theoretischer Anschauungen zu betrachten oder auf vereinzelte Versuche weitgehende neue Verallgemeinerungen zu gründen. Die bekannte Tagebuchnotiz: „Die Einwohner dieser Stadt stottern, haben rote Haare und sind sehr grob“ könnte das Motto zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten sein. Im *Helmholtzschen* Laboratorium hatten die „Romantiker“ der Forschung bald umzulernen. Man war überzeugt, zu einem sichern Ergebnis gelangt zu sein, aber meistens nur bis zu dem Augenblicke, in dem man es *Helmholtz* vorge tragen hatte. Sein Scharfblick fand sofort eine Lücke der Beweisführung oder einen Mangel der Methode. Man stellte neue Versuche an, die dem Schüler nun keinen Zweifel mehr ließen. Der *Helmholtzschen* Kritik gegenüber war der neue Beweis wieder nur Spinnengewebe. So vergingen Wochen und Monate, in denen der Schüler unter dem überwältigenden Scharfsinn seines Lehrers allmählich lernte, was zu einer brauchbaren Methode und zu einem einwandfreien Beweise gehört.

Wer durch diese Schule gegangen, der stand jedem seiner eigenen Resultate zunächst als Skeptiker gegenüber, und es war ihm zwingendes Bedürfnis, durch möglichst zahlreiche Versuche bei wechselnden Methoden allen für ihn denkbaren Einwänden zu begegnen, ehe eine Veröffentlichung gewagt wurde.

In seiner Rede über „Das Denken in der Medizin“ hat *Helmholtz* die Harzardeure der Wissenschaft treffend gezeichnet: „Oberflächliche Ähnlichkeiten finden ist leicht, . . . und witzige Einfälle verschaffen ihrem Autor bald den Ruf eines geistreichen Mannes. Unter einer großen Anzahl solcher Einfälle werden ja auch

¹⁾ Th. W. Engelmann, Gedächtnisrede auf *Helmholtz*.

wohl einige sein müssen, die sich schließlich als halb oder ganz richtig erweisen; es wäre ja geradezu ein Kunststück, *immer* falsch zu raten. In solchem Falle kann man seine Priorität auf die Entdeckung laut geltend machen; wenn nicht, so bedeckt glückliche Vergessenheit die gemachten Fehlschlüsse.“

Die Erziehung zur Reife durch *Helmholtz* vollzog sich aber keineswegs nur in zerstörender Kritik, sondern fast jeder einzelne Besuch des Lehrers brachte positive Förderung durch wertvollste originelle Ratschläge und anregende weite Ausblicke. Im alten Laboratorium, wo die verschiedenen Arbeitsräume miteinander offen kommunizierten, so daß man sich stets in der Hörweite einer ganzen Anzahl von Gesprächen befand, die *Helmholtz* sukzessiv mit andern Praktikanten führte, erregte es stets unsere Bewunderung, wie er innerhalb weniger Sekunden sein Denken von dem einen Problem auf ein ganz heterogenes umstellte, — nicht nur zu tiefstem Verständnis des schon Geleisteten, sondern zugleich zu rapidester Produktivität für geistvolle Verbesserungen und neue Methoden, die er freigebig seinen Schülern zur Verfügung stellte. Manchmal sah man freilich keineswegs sofort die fundamentale Wichtigkeit dieser Vorschläge ein, — schon wegen der schlichten, anspruchslosen Art, in der *Helmholtz* seine Vorschläge zu äußern pflegte, und bisweilen glaubte man sogar an ein Mißverstehen des Problems auf seiten des Lehrers. Aber wenn man sich entschloß, Tage und Wochen einer solchen scheinbaren Fehlmeinung nachzusinnen, dann ging schließlich auch dem Minderbegabten der reiche, fruchtbare Inhalt der leicht hingeworfenen Worte auf.

Unter diesen Umständen schadete beim Laboratoriumsunterricht also ein gelegentlicher Mangel der beim Kathedervortrag wünschenswerten sofortigen Verständlichkeit gar nicht: man mußte nur beharrlich verstehen *wollen* und wurde dann stets belohnt.

Verblüffend war mir daher die in *W. Ostwalds* „Große Männer“ aufgestellte Behauptung, daß *Helmholtz* langsam gedacht habe, oder wie *Ostwald* es ausdrückt: „er reagierte nicht augenblicklich, sondern erst nach einiger Zeit“, und sei darum „nie ein guter Lehrer gewesen“¹⁾. Es war selbst in *Helmholtz'* letzten Lebensjahren z. B. niemals nötig, ihm die Skizze eines projektierten Apparates auch nur roh zu Ende zu zeichnen; er erriet sofort, worauf Apparat und Methode hinauswollten, und nicht selten sprach er die Lösung eines Problems schon aus, ehe man es ihm zu Ende entwickelt hatte.

Ein Praktikant hatte sich eine Apparatur aufgebaut, zu der auch mehrere Dutzend kleiner (Reagenzglas-) Kupferzinklelemente gehörten, die durch Schaltbügel zu mannigfachen Untergrup-

pen kombiniert werden konnten. Der Erbauer brauchte nach seiner eigenen Angabe täglich mindestens zwanzig Minuten, um sich wieder in die Bedeutung der einzelnen Schaltungen hineinzudenken. Die Apparatur war in einer Ferienzeit, während *Helmholtz* verreist war, entstanden und arbeitete zunächst vortrefflich. Aber als *Helmholtz* sie zum ersten Male sah, fand er den Erbauer in verzweifelter Stimmung: die Einrichtung fungierte nicht mehr in brauchbarer Weise, trotzdem sie schon wiederholt auseinandergenommen und neu zusammengesetzt war. Der Praktikant erzählte *Helmholtz* nur von den Störungen, denen seine Versuche jetzt unterworfen seien, hielt es aber nicht für angemessen, die komplizierte Einrichtung zu erläutern, da er überzeugt war, daß *Helmholtz* eine einmalige Erklärung des verwickelten Netzes doch nicht genügend verstehen würde. *Helmholtz* fragte auch gar nicht, sah sich das Netz nur einige Augenblicke an und sagte dann: „Wenn in der fünften Reihe Ihrer Elemente am Schaltbügel des vierten Elements ein Tropfen Schwefelsäure hängen würde, so würden sich diejenigen Erscheinungen ergeben, über die Sie klagen.“ Sprach's und ging fort. Der Praktikant sagte sich, daß *Helmholtz* zwar ein sehr gescheiter Mensch sei, daß er aber doch unmöglich in den wenigen Augenblicken ohne jede Erklärung einen Einblick in den Wirrwarr der Konstruktionsteile gewonnen haben könnte. In der Überzeugung, eigentlich etwas Überflüssiges zu tun, sah der junge Physiker die von *Helmholtz* bezeichnete Stelle aber doch etwas näher an: an dem betreffenden Bügel hing in der Tat ein kapillar dorthin gekrochener Tropfen Schwefelsäure, und als er weggewischt war, war alles wieder in schönster Ordnung!

Von da ab sah auch dieser Praktikant mit scheuer Ehrfurcht zu *Helmholtz* auf, den ja selbst ein Mann wie *Donders* für unfehlbar hielt.

Dabei versuchte *Helmholtz* niemals, das selbständige Denken des Jüngeren einzuschränken und eine Frage einfach autoritativ zu erledigen, sondern mit freundlichster Ruhe nahm er jeden Widerspruch auf, und bisweilen schloß er eine Diskussion bei vorgeschritteneren Schülern ab, scheiden mit den Worten: „Ich kann darüber mit Ihnen nicht streiten, Sie kennen die Erscheinungen genauer als ich.“ — Sein still bescheidenes Auftreten hat ja so manchen über seine Bedeutung zunächst getäuscht. *Hertz* verkehrte privatim mit einem der Architekten des Neuen Physikalischen Instituts und des nebenan als Zwillingsbau sich erhebenden Physiologischen Instituts (für *Du Bois-Reymond*). Sehr amüsiert erzählte er mir das folgende Erlebnis: Der Architekt hätte gerühmt, mit welcher Sicherheit und welchem Nachdruck *Du Bois* seine Forderungen für den Bau geltend mache, — „der weiß, was er will! Der andere, der *Helmholtz*, ist mit allem zufrieden und sagt zu allem „ja“, was man ihm vorschlägt. Mit dem ist wohl überhaupt nicht

¹⁾ *W. Ostwald*, Große Männer, Bd. I, 5. Auflage, S. 377.

viel los?" Über die Aufklärung, die Hertz ihm gab, war der Herr sehr erstaunt. —

Neben der rein wissenschaftlichen Ausbildung ist Helmholtz seinen Schülern aber auch ein Lehrer und Erzieher gewesen durch das Vorbild, das er ihnen durch seine Charaktereigenschaften und ihre Betätigung unablässig gab.

Im Vertrauen auf die Objektivität und Toleranz, mit der Helmholtz, wie erwähnt, im mündlichen Verkehr wissenschaftlichen Widerspruch vertrug, hatte einer seiner Schüler der Berliner philosophischen Fakultät eine Dissertation eingereicht, deren theoretischer Teil wesentlich von Helmholtz' Ansichten abwich. Der betreffende Kandidat wurde eines Tages vom Dekan mündlich ersucht, an Stelle des für ihn angesetzten Prüfungstermins, da ein anderer Kandidat erkrankt war, einen früheren Termin zu akzeptieren; er weigerte sich jedoch, um sich noch besser vorbereiten zu können. Der Dekan antwortete ihm: „Nun, dann wird es Ihre Scheu wohl verringern, wenn ich Ihnen verrate, daß Helmholtz der Fakultät gegenüber die ganz besondere Reife Ihrer Dissertation hervorgehoben hat.“ Die Opposition gegen Helmholtz' Auffassungen hatte dem Kandidaten also nicht geschadet. Nach bestandnem Examen wollte der Autor seine Arbeit in Wiedemanns Annalen abdrucken lassen. Wiedemann glaubte sie aber wegen ihres Umfangs ablehnen zu sollen, und der Autor hätte nun den kostspieligen Druck des Textes und der zugehörigen Tafeln ganz auf eigene Rechnung übernehmen müssen. Da war es Helmholtz, der sich selbst erbot, die Arbeit einem Verleger zu empfehlen und außerdem bei der Akademie der Wissenschaften einen erheblichen Zuschuß zu den Publikationskosten zu beantragen! —

Schöne Objektivität zeigte er auch im folgenden Falle: Am Schluß des Sommersemesters bat einer seiner drei Assistenten um einen sofort beginnenden Ferienurlaub. Helmholtz sprach mit dem Bedauern aus, der Bitte nicht entsprechen zu können, weil er bereits die beiden andern Assistenten beurlaubt habe, und das Institut, da er auch selbst verreise, nicht ganz ohne Aufsicht bleiben könne. Dr. X. bestand auf seiner Forderung, wurde immer heftiger und verlangte schließlich seine sofortige Entlassung aus der Assistentenstellung. Diesen Wunsch mußte Helmholtz gewähren, der bisherige Assistent entfernte sich. Sofort aber schickte Helmholtz ihm den alten Diener Kabisch mit der Mitteilung nach: „Wenn Herr Dr. X. für das Wintersemester einen Arbeitsplatz im Laboratorium wünschte, so würde

das heute Vorgefallene darauf keinen Einfluß haben!“

So wird die Versicherung nicht wundernehmen, daß er auch im Laboratorium stets die unerschütterliche Ruhe bewahrte, die nie ein Anzeichen von Verdrießlichkeit oder gar von Unwillen erkennen ließ. Es kam vor, daß in den Händen eines ungeschickten Praktikanten ein kostspieliger Apparat nicht nur beschädigt, sondern in seinen wesentlichen Teilen völlig zerstört wurde. Bemerkte Helmholtz solch ein Malheur, so suchte er es zunächst zu ignorieren, um den Betreffenden nicht zu beschämen, — indem er bei seiner Besuchsrunde ihn übersprang. War ihm aber der Unfall offiziell gemeldet, dann hörte man ihn, nachdem er den Schaden schweigend besichtigt hatte, in seiner ruhigen, gemessenen Weise sagen: „Ja, ich bin nicht abgeneigt, einen neuen Apparat anzuschaffen; wollen Sie sich mit dem Fabrikanten in Verbindung setzen und ihm Ihre besondern Wünsche für den Neubau mitteilen.“

Diese Generosität wirkte erziehlicher, als es ein bitterer Tadel vermocht hätte! —

Ich bin in meinen jüngeren Jahren nicht wenigen Männern begegnet, die mir aus aufrichtigem Wohlwollen in den lebhaftesten und bindendsten Ausdrücken Versprechungen für die Förderung meiner wissenschaftlichen oder persönlichen Interessen gaben, ohne daß aber diesen Versprechungen jemals irgendein ernstlicher Versuch zu ihrer Erfüllung folgte. Analoge Erfahrungen haben wohl sehr viele gemacht. Wenn man Helmholtz um seine Verwendung bei irgendeiner Instanz anging, so gab er stets nur sehr kühl und reserviert klingende Zusagen: „Ich halte es nicht für unmöglich, daß sich das und das wird durchsetzen lassen“ — aber diese kühle Form bot die unbedingte Sicherheit, daß Helmholtz nun seinen ganzen Einfluß einsetzen und die von ihm vertretene Sache zum gewünschten Erfolge führen würde. Ebenso kühl, als wenn ihm gar kein Verdienst zukäme, lehnte er dann einen Dank für seine Intervention ab, — und erst an anderer Stelle erfuhr der Petent, wie warm sich Helmholtz in Wort und Schrift dort für ihn eingesetzt hatte.

So waren Ehrfurcht, Bewunderung und Dankbarkeit die Empfindungen, die Helmholtz dauernd weckte, und wenn vielleicht keiner von seinen Schülern das edle Charaktervorbild erreicht hat, so ist doch sicher jeder einzelne für sein ganzes Leben durch das Bemühen gefördert worden, dem großen Lehrer in seinen rein menschlichen Eigenschaften wenigstens einigermaßen ähnlich zu werden.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W9.

Heft 36. (Seite 713—728)

9. September 1921.

Neunter Jahrgang.

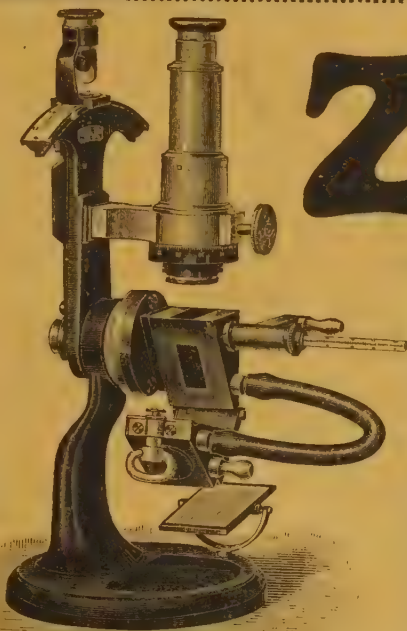
INHALT:

Familienforschung und Psychiatrie. Von *Ernst Rüdin, München*. (Mit 3 Abbildungen.) S. 713.
Eishöhlen. Ein Beitrag zu ihrer physikalisch-meteorologischen Erklärung. Von *Ernst Hauser und Robert Oedl, Göttingen*. (Mit 3 Abb.) S. 721.
Die photographischen Desensibilisatoren und ihre Nutzenanwendung im Safraninverfahren. Von *Lüppo-Cramer, München*. S. 725.

Besprechungen:

Bezold, Wilh. v., Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe. 2. Auflage. Von *A. Brückner, Jena*. S. 728.

Ochs, Rudolf, Einleitung in die Chemie. 2. Auflage. Von *A. Rosenheim, Berlin*. S. 728.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe - Refraktometer
Butter - Refraktometer
Eintauch - Refraktometer
Zucker - Refraktometer
Pulfrich - Refraktometer
Kristall - Refraktometer
Differenz - Refraktometer
Milchfett - Refraktometer

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Pettizelle angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52
10	20	30	40

 maliger Wiederholung Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Biedig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. zur **Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder Quartalsraten von (225 III)

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Einführung in die Chemie

Ein Lehr- und Experimentierbuch

Von

Rudolf Ochs

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 244 Textfiguren und 1 Spektraltafel. (XII, 522 S.)

1921. Gebunden Preis M. 48.—

Siehe auch die Besprechung auf Seite 728 dieser Nummer!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

9. September 1921.

Heft 36.

Familienforschung und Psychiatrie¹⁾.

Von Ernst Rüdin, München.

Obwohl schon seit den ältesten Zeiten die Vererbung krankhafter Anlagen als eine der wichtigsten Ursachen von Seelenstörung angesehen wurde, besitzen wir eine wirkliche Vererbungs-wissenschaft doch erst seit der Wiedererweckung der genialen Entdeckungen *Gregor Mendels* um 1900. Man nahm zwar schon früher an, daß die Entwicklung von Eigenschaften durch Erbanlagen bestimmt wird. Neu ist unsere jetzige Annahme, daß bei Lebewesen mit geschlechtlicher Fortpflanzung jede einzelne Eigenschaft allgemein durch zwei Erbeinheiten bedingt ist, welche sich gewissermaßen abwechselnd anziehen und abstoßen. Die eine Erbeinheit bekommt das Lebewesen vom Vater, die andere von der Mutter. Bildet das Lebewesen aber Geschlechtszellen, so trennen die genannten väterlichen und mütterlichen Erbeinheiten sich wieder voneinander und jede wandert in eine andere Geschlechtszelle. Damit werden die Erbeinheiten, welche eine Eigenschaft bedingen, bei der Fortpflanzung wieder verfügbar für neue Verbindungen. Diese zwei Erbeinheiten, welche sich zur Hervorbringung einer Eigenschaft vorübergehend verbunden haben, verhalten sich also bei der Geschlechtszellenbildung gegensätzlich oder antagonistisch, sie trennen sich wieder voneinander, weshalb man auch vom Gesetze der spaltenden Vererbung spricht. Die zwei Einheiten können gleichartig sein oder ungleichartig. Sind sie gleichartig, so ist die betreffende Eigenschaft eindeutig bestimmt. Sind sie aber ungleichartig, so richtet sich die Eigenschaft gewöhnlich nach einer Erbeinheit, d. h. gewissermaßen nach der stärkeren, welche die andere, schwächere, vorübergehend unterdrückt oder überdeckt. Damit hängt es zusammen, daß die spaltende Vererbung äußerlich in zwei Haupterscheinungsformen zutage tritt. Die eine ist die dominante Form, bei der sich eine erbliche Eigenschaft nach derjenigen Erbeinheit richtet, welche die entsprechende andere vorübergehend überdeckt. Die andere ist die rezessive Form, bei der sich eine erbliche Eigenschaft nach derjenigen Erbeinheit richtet, welche von der entsprechenden anderen vorübergehend überdeckt wird. Bei Eigenschaften, die in dominanter Weise sich vererben, geschieht die Ver-

erbung direkt und ununterbrochen von einer Generation zur anderen, unabhängig von Blutsverwandtenverbindungen. Die rezessiv gehenden Eigenschaften vererben sich meist sprunghaft, unterbrochen, und häufen sich bei Inzucht. Es ist schließlich eine weitere Folge der Vererbung, daß die verschiedenen Erbeinheiten und-Eigenschaften, welche miteinander um die Vorherrschaft kämpfen, in ganz bestimmten, gesetzmäßigen Proportionen zueinander auftreten.

Das Gesetz der spaltenden Vererbung konnte bis heute für alle genauer untersuchten Eigenschaften nachgewiesen werden. Es beherrscht auch den Erbgang der gesunden und krankhaften geistigen Eigenschaften.

Für die Eigenschaften, die den Psychiater interessieren, gilt es aber noch, empirisch im einzelnen festzustellen, welche spezielle Form des Erbganges vorliegt. Es kommen dabei alle erdenklichen Erbanlagen in Betracht, nicht bloß eine krankhafte Anlage des Nervengewebes selbst, sondern auch anderer Gewebe, deren Funktionsstörung zu Irresein beitragen kann, also z. B. der inneren Drüsen, des Gefäßsystems usw. Ich will mit der Forderung der empirischen Prüfung des Erbganges die Aufgabe des psychiatrischen Erbllichkeitsforschers aber gewiß nicht verkleinern. Ich will ihr nur die Bedeutung zuweisen, die ihr nach der großen Vorarbeit, die schon von den Experimentatoren geleistet worden ist, zukommt. Haben wir von diesen auch die Richtlinien, so bleibt doch deren Anwendung auf die Psychiatrie von uns noch fast ganz durchzuführen.

Die Schwierigkeiten sind beim Menschen, wo das Experiment fehlt, insbesondere in der Psychiatrie, sehr bedeutend. Man kann sich hier nur an die Familienforschung halten. Die Hindernisse bestehen in der Kleinheit der menschlichen Familie, in der Einseitigkeit eines Materials, in dem von vornherein zu viele Kranke sind. Erschwerend wirkt auch der Umstand, daß die meisten Geisteskrankheiten nicht schon bei der Geburt vorhanden sind, sondern erst später ausbrechen. Schwierigkeiten bereitet auch gerade unserer Forschung die Unzulänglichkeit der klinischen Diagnostik, ferner die Auswanderung, eine frühzeitige Sterblichkeit, wechselnde Umwelteinflüsse u. a. m. Es hält beim Menschen ungemein schwer, zu erkennen, was er an Erbanlagen besitzt, da keineswegs alle Anlagen in Erscheinung treten. Der Pflanzenzüchter kann durch das Experiment der Selbstbefruchtung, der Tierzüchter durch Vornahme von Probekreuzungen Zuchten erzielen, die es ihm erlauben,

¹⁾ Vortrag (gekürzt) bei der Jahressitzung der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie in München am 30. April 1921.

auf die in seinen Ausgangsindividuen enthaltenen Erbanlagen mit Sicherheit zurückzuschließen. Das versuchen wir beim Menschen, indem wir aus den verschiedensten Familien identische oder wenigstens sehr ähnliche Kreuzungskombinationen sinnvoll zusammengruppieren, um so bei genügend großem Material schließlich auch zur Aufdeckung von Vererbungsgesetzen zu gelangen.

Am einfachsten liegen die Dinge da, wo es sich um eine Anomalie handelt, die eine einfach überdeckende Kraft über die gesunden Erbinheiten besitzt, die also auf einfacher Dominanz beruht. Das Vorliegen dieser Art des Vererbungsganges ergibt sich mitunter in klarer Weise schon bei Betrachtungen eines einzigen Geschlechtes.

ihn kann man bei besonders günstigen Vorbedingungen allein aus einzelnen größeren Geschlechtern mit Sicherheit erkennen. Dann nämlich, wenn bei Heiraten innerhalb eines blutsverwandten Stammes die Erkrankungen vorwiegend die Seitenlinien betreffen. Denn bei Inzucht sind die Vorbedingungen dafür besonders günstig, daß Anlagen zu Krankheit, welche für gewöhnlich bei Heiraten in einem fremden, gesunden Stamm verborgen bleiben, eben weil sie als rezessiv von der Gesundheit überdeckt werden, sich wieder zusammenfinden und so zu offener Krankheit wieder erweckt werden.

Den klassischen Untersuchungen des Schweden *Lundborg* ist es gelungen, dies für die

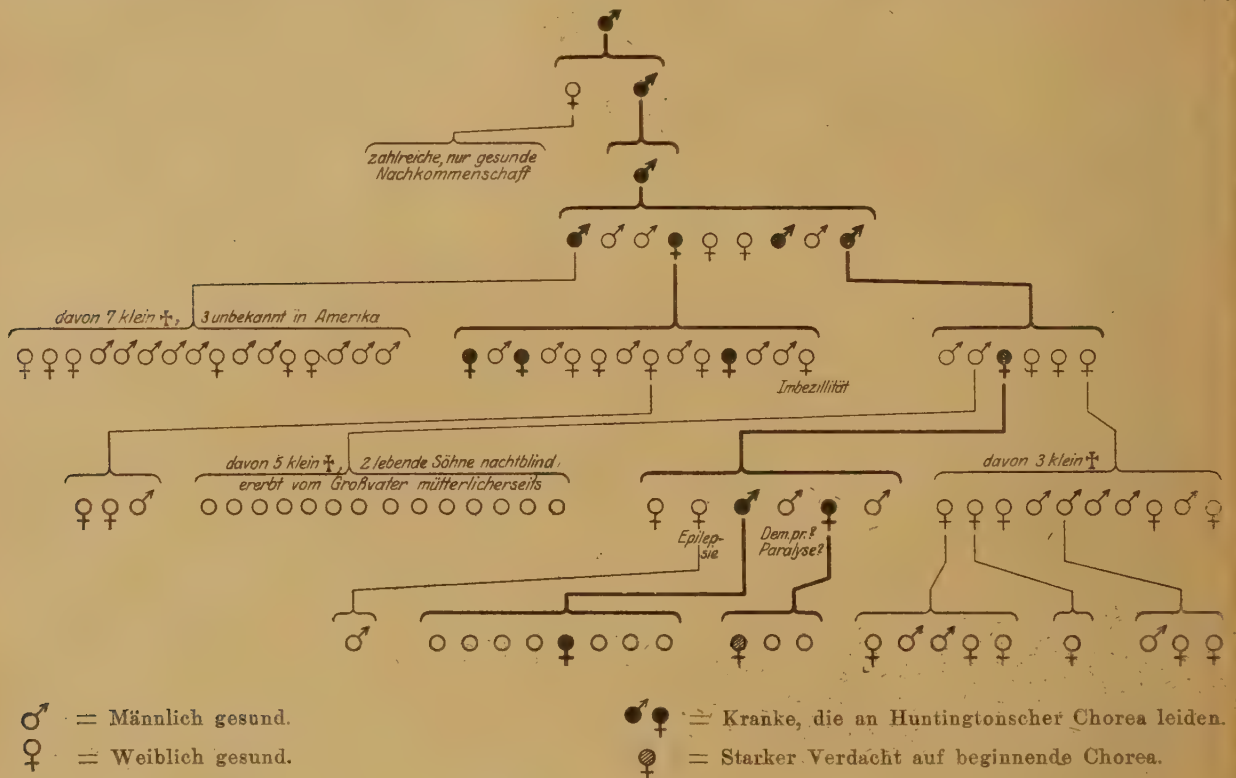


Fig. 1. Vererbung der Huntingtonschen Chorea.

Nachkommentafel der Familie Z.

Nach Oberarzt Dr. Entres. Heilanstalt Eglfing bei München.

Sie ist daran zu erkennen, daß man eine Anomalie direkt und ununterbrochen bis zu den letzten bekannten Ahnen zurückverfolgen kann; daß ferner von den Kindern eines kranken Elternteiles stets durchschnittlich die eine Hälfte wieder krank, die andere Hälfte gesund ist und daß die gesunden Kinder keine kranken Nachkommen mehr haben.

So wissen wir jetzt, daß auf psychiatrischem Gebiete z. B. die Huntingtonsche Chorea, der erbliche Veitstanz, nach der Abart der einfachen Dominanz sich vererbt. (Vgl. Fig. 1.)

Im rezessiven Erbgang wird die Anomalie umgekehrt von der Gesundheit überdeckt. Auch

sogen. Myoclonus-Epilepsie nachzuweisen. (Siehe Fig. 2.)

Auch die familiäre amaurotische Idiotie, ein mit Blindheit einhergehender Schwachsinn in frühestem Kindesalter, der anatomisch auch von *Spielmeyer* eingehend untersucht wurde und besonders in ingezüchteten polnisch-jüdischen Familien vorkommt, geht nach diesem Vererbungstypus.

Wiederum eine charakteristische, wenn auch äußerlich anders erscheinende Abart des Erbganges läßt sich ebenfalls aus einer einzigen Stammverwandtschaft bei einer schweren Nerven- und Gehirnerkrankheit im Kindesalter erkennen.

Pelizäus und *Merzbacher*, nach denen die Krankheit genannt wird, haben das genealogische, *Merzbacher* auch das hirnanatomische Material

In den bisher genannten Fällen lagen die Erforschungsbedingungen für die Auffindung von Erbgesetzen aber besonders günstig. Es handelte

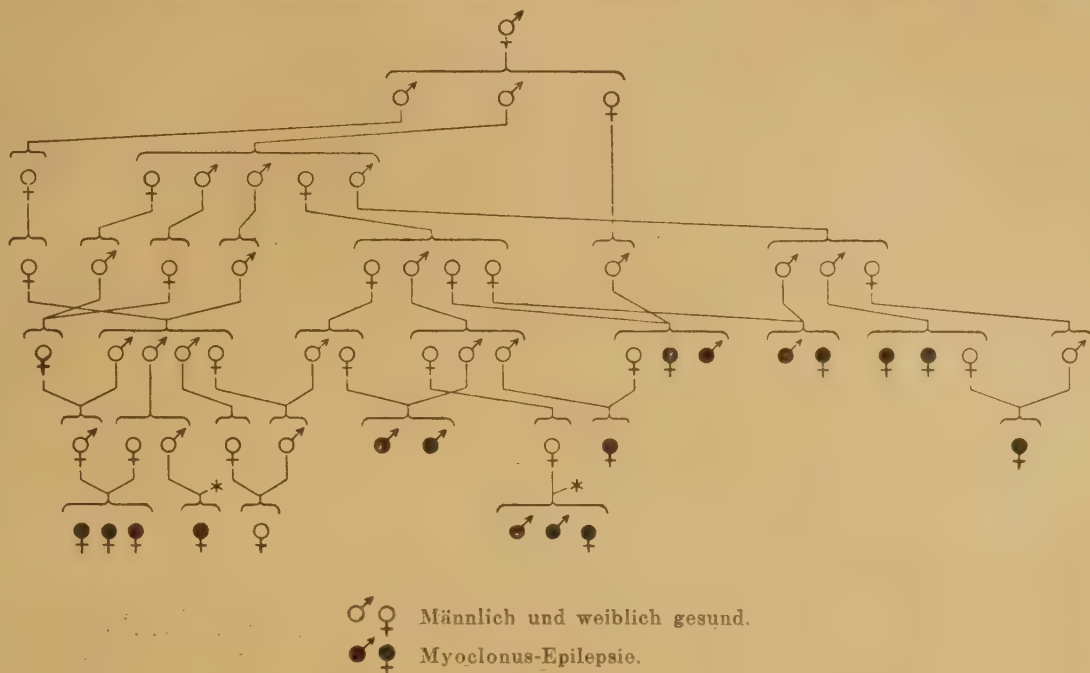


Fig. 2. Vererbung der *Myoclonus-Epilepsie*.

Nachkommentafel, hergestellt von *Rüdin* nach der Originalarbeit von *Lundborg*:

Medizinisch-biologische Familienforschungen innerhalb eines 2232 köpfigen Bauerngeschlechtes in Schweden.

Jena, Gustav Fischer, 1913, 2 Bände.

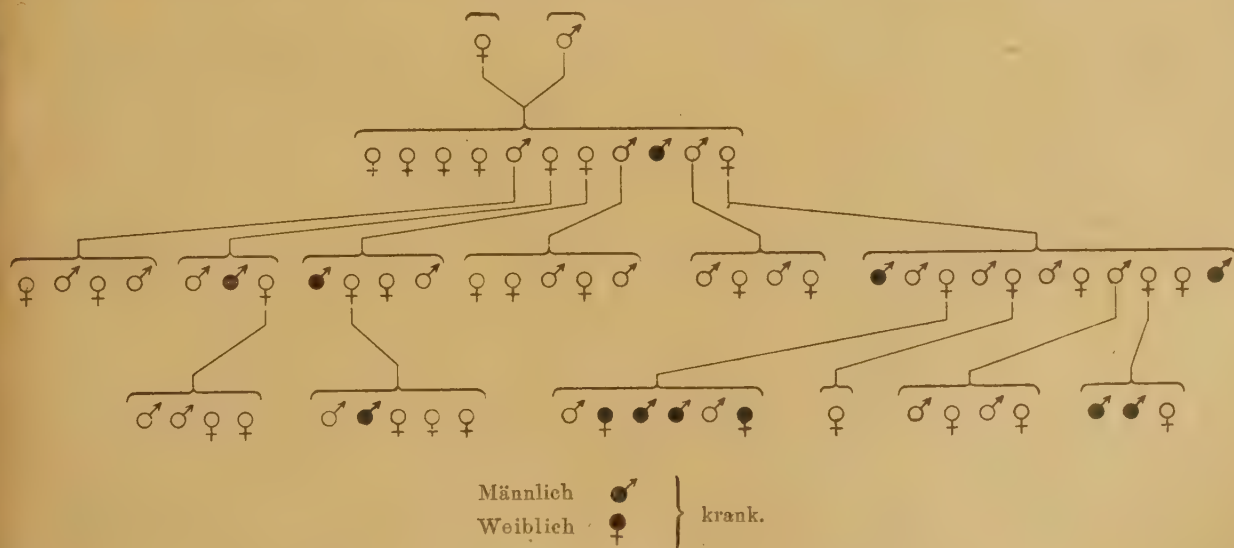


Fig. 3. Vererbung der *Pelizäus-Merzbacherschen Krankheit*.

Nachkommentafel nach *Merzbacher*:

Gesetzmäßigkeiten in der Vererbung und Verbreitung verschiedener hereditär-familiären Erkrankungen.

Archiv für Rassen- und Gesellschafts-Biologie 1909, herausgegeben von *Ploetz*.

dazu geliefert (Fig. 3). Hier tritt die Krankheit geschlechtsbedingt, fast ausschließlich beim männlichen Geschlechte, auf und wird durch gesunde Mütter übertragen.

sich um seltene Anomalien innerhalb einer überschaubaren Verwandtschaft. Es waren früh auftretende oder chronische und fortschreitende, ohne Mitwirkung äußerer Umstände verursachte,

durch schwere Erscheinungen sehr eindrucksvolle Krankheiten, besonders auch deshalb, weil sie eine auffallende Gleichartigkeit und Stabilität bei der Wanderung durch die Geschlechter bewiesen.

Weit komplizierter aber liegen die Dinge bei den wichtigsten und häufigsten Geistesstörungen, wie z. B. beim manisch-depressiven Irresein, beim Jugendirresein, bei der genuinen Epilepsie, Hysterie usw. Machen auch die Symptome dieser Störungen vielfach gewiß Eindruck, so können sie doch oft vom Laien, selbst vom Arzt nicht so wiedergegeben werden, daß der moderne Forscher daraus mit Sicherheit auf eine bestimmte Diagnose schließen kann. Überdies hat man damit zu rechnen, daß die klinische Einheitlichkeit der genannten einzelnen Diagnosen zum Teil angefochten wird und daß sie sich daher im Erbgange auch nicht als einheitlich erweisen werden. Dazu kommt, daß diese Geistesstörungen sich bei ihrer großen Häufigkeit in den Familien mannigfach durchkreuzen müssen, so daß es schwer werden kann, für die Anlage zu einer gegebenen Krankheit den Erbgang genau zu isolieren und weit genug zurückzuverfolgen.

Wir werden aber auch hier vorwärts kommen durch Zusammenlegung von Kreuzungskombinationen, durch nähere Erforschung der Zwischentypen zwischen krank und gesund, durch Zuhilfenahme der Ergebnisse mehrfacher Heiraten desselben Individuums, durch Vergleiche von Heiraten in einen fremden Stamm hinein mit solchen innerhalb des gleichen Stammes, durch Berücksichtigung der auslösenden Rolle von Umwelteinflüssen usw.

Nach den hier nur sehr unvollständig skizzierten Richtlinien wird in der genealogischen Abteilung der Deutschen Forschungsanstalt verfahren. An vorläufigen Hauptergebnissen mag nur kurz erwähnt sein, daß die *Dementia praecox*, das Jugendirresein, wohl sicher, die genuine Epilepsie wahrscheinlich einem rezessiven Erbgang folgt. Für das manisch-depressive Irresein hat sich zwar der dominante Modus noch nicht mit voller Sicherheit nachweisen lassen, doch spricht vieles für diesen, was auch aus den neuesten Untersuchungen *Hoffmanns* am hiesigen Institute hervorgeht. Bei der auf Syphilis beruhenden progressiven Paralyse dagegen spielt Vererbung eine untergeordnete Rolle.

Außer dem Studium der Vererbungsvorgänge hat aber die Familienforschung eine andere große Hauptaufgabe. Sie hat nämlich die Fragen der *Entartung* zu studieren und zu versuchen, die Entartungsursachen herauszubekommen.

Von Entartung, d. h. von einem ganz neu und erstmals auftretenden und dann erblich werdenden Zustand von Minderwertigkeit sind wir erst dann zu reden berechtigt, wenn das Entstehen dieses Zustandes auf dem Wege der Vererbung ausgeschlossen oder höchst unwahrscheinlich ist.

Nun wissen wir aber gerade, daß merkwürdige Eigenschaften uns als bisher stammesunbekannt erscheinen können, in Wirklichkeit aber doch nur erbliche Spaltprodukte irgendeines Anlagenkomplexes oder synthetische Bildungen von mehreren Erbanlagen, also auf dem Wege der Vererbung, nicht aber der Entartung zustande gekommen sind. Vor voreiligen Schlüssen über eine ursächliche Verkettung von sogenannten entartenden Ursachen und Erscheinungen, die man für Entartungsfolgen hält, kann daher nicht eindringlich genug gewarnt werden. Es liegt ja nahe, z. B. daran zu denken, daß schädliche Einflüsse aller Art, welche ein trauriges Monopol des Menschengeschlechtes sind, eben allein schuld daran seien, daß das Menschengeschlecht vielfach so entartet ist. Denn die freilebenden Tiere, könnte man sagen, zeigen doch keine solchen Entartungserscheinungen, zumindest nicht so häufig und stark wie der Mensch. Das ist als Tatsache wohl richtig. Aber die Deutung ist falsch. Auch bei den Tieren treten allerlei Abänderungen auf, die minderwertig und erblich sind. Wie sie da entstehen, ist vielfach noch rätselhaft; jedenfalls spielen Alkoholismus, Syphilis, Nikotinmißbrauch und wie die Dinge alle heißen, denen man vielfach Schuld an der Entartung des Menschengeschlechtes beimißt, keine Rolle. Sicher ist nur, daß die Träger solcher Entartungserscheinungen bei den freilebenden Tieren schonungslos ausgeremert werden und daher nicht oder weniger zur Fortpflanzung kommen als normale Tiere. Beim Menschen ist das wesentlich anders. Hier haben wir, um mich eines Ausdrucks des Rassenhygienikers *Plötz* zu bedienen, kurz gesagt den Schutz der Schwachen, die dank unseren humanitären Einrichtungen ihr Übel weiter fortpflanzen können. Die Unterschiede erklären sich also nicht durch eine verschieden starke Einwirkung von entartenden Faktoren, sondern durch die verschiedene Ausmerze.

Aus all dem Gesagten kann man wohl ahnen, wie schwer es sein muß, in einem erblich schon so minderwertigen Lebenskreis, wie es gewisse Menschengeschlechter sind, die Wirkung von Stoffen, die man für Entartungsfaktoren hält, zu trennen von der Wirkung von Erbanlagen.

Die theoretische Möglichkeit, daß der *Alkohol* z. B. derart auf die Erbanlagen wirkt, daß dadurch ganz neue und schädliche erbliche Eigenschaften entstehen, soll nicht bestritten werden. Aber strikte Beweise dafür sind nicht leicht zu erbringen. Wir wissen aus ungezählten Tatsachen, daß zwar die gewöhnlichen Körperzellen durch äußere Verhältnisse in hohem Maße veränderlich sind, daß das Keimplasma aber, der treue Träger der Vererbung durch die Geschlechter hindurch, mit einer außerordentlichen Widerstandskraft gegen Einflüsse der Außenwelt, ja des eigenen Körpers, ausgerüstet ist. Wir müssen also recht triftige Gründe haben, wenn wir behaupten wollen, daß der Alkohol, die Syphilis

usw. die Erbanlagen der Eltern derart zu verändern imstande seien, daß aus ihnen Kinder mit neuen, dauernden, erblichen Minderwertigkeiten entspringen, die zum alten Erbschatz noch einen neuen, minderwertigen hinzufügen. Wie die Nachkommen ausfallen, wenn ein gesunder und normaler Mann aus ganz gesundem normalen Stamme übermäßig trinkt, wissen wir eigentlich noch gar nicht. Die Trinker sind von Hause aus in der Regel keine normalen Menschen. Es ist daher nicht zu verwundern, wenn unter ihrer Nachkommenschaft auf dem Wege der Vererbung auch wieder abnorme Nachkommen entstehen. Aus den Untersuchungen *Wauschkuhns* am hiesigen Institut geht hervor, daß von den Nachkommen echter Alkoholisten der Psychiatrischen Klinik München zwar ein großer Teil, etwa die Hälfte, infolge Störung der Aufzucht verhältnismäßig früh zugrunde geht, an Kinderkrankheiten, Infektionskrankheiten und Unglücksfällen. Die überwiegende Mehrzahl aller überlebenden Nachkommen aber mußte als körperlich und geistig gesund bezeichnet werden. Ein kleinerer Teil der Nachkommen war als psychopathisch, ein ganz geringer Teil als ausgesprochen geistesgestört aufzufassen. Schwere Schwachsinnformen und Epilepsie fehlten fast völlig. Und wenn solche oder andere psychotische und psychopathische Anomalien unter der Nachkommenschaft vorkamen, war meistens eine entsprechende erbliche Belastung in der Blutsverwandtschaft solcher Kinder nachzuweisen. So kam *Wauschkuhn* zu dem Schluß, daß die Ergebnisse seiner Untersuchungen für die Annahme einer erblichen Schädigung der Nachkommen durch chronischen Alkoholismus des Vaters nicht zwingend seien. Es müßte natürlich möglich sein, die Neuschaffung von Entartung durch Alkoholmißbrauch der Erzeuger experimentell mittels des Tierversuchs zu beweisen. Es sind auch schon viele Versuche in dieser Richtung gemacht worden. Sie sind aber bisher leider alle nicht so angelegt, daß sie absolut überzeugend wirken könnten.

Für die Syphilis gelten ähnliche Erwägungen. Wie der Alkohol, so macht auch die Syphilis ungeheuer viel individuelles und soziales Elend. Schon deswegen müssen wir die beiden Schäden mit allen uns zu Gebote stehenden schärfsten Mitteln bekämpfen. Wir haben also im Kampfe gegen Alkohol und Syphilis so viele schlagende Argumente, daß wir zweifelhaft gar nicht brauchen. Auch um den Einfluß der Syphilis des Elters auf die Nachkommenschaft richtig zu bewerten, müssen wir den Stamm, auf den sie wirkt, vor und nach ihrem Eingreifen genau kennen, sonst können wir gar nicht entscheiden, was auf die Syphilis und was auf die Erbanlagen des Erzeugers zurückzuführen ist. Aus den Untersuchungen *Meggendorfers* in der hiesigen genealogischen Abteilung hat sich ergeben, was wohl schon allgemein bekannt war, daß die Nachkommen der Paralytiker, welche alle Syphilis

durchgemacht haben, durch die elterliche syphilitische Ansteckung in hohem Maße bedroht sind. Aber Tatsachen, die auf eine Schädigung der Erbmassen durch Syphilis zu beziehen sind, konnte *Meggendorfer* nicht feststellen.

So steht, nach der Natur ihrer zwei hervorragendsten, bisher erwähnten Problemstellungen, der Vererbung und Entartung, die psychiatrische Genealogie fest auf dem Boden der exakten, experimentellen Vererbungslehre. Außer dieser bedarf die psychiatrische Familienforschung aber der engen Fühlung noch mit anderen Disziplinen.

In erster Linie wird sie in innigsten Beziehungen zur klinischen Psychiatrie bleiben müssen. Hier sind für unsere Bestrebungen die Aufstellungen *Kraepelins* von der größten Bedeutung gewesen, der zum ersten Male in großem Stil die Symptome nach Krankheitsgruppen zusammengeordnet hat. Ich glaube, es war richtig, für unsere erbbiologischen Untersuchungen zunächst streng von den vom Kliniker umrissenen Typen auszugehen. Denn wenn auch im Lichte weiterer klinischer oder genealogischer Forschung vielleicht nicht alle diese Typen sich als Krankheitseinheiten bewähren werden, wichtige Seiten endgültiger Einheiten werden sie doch in jedem Falle darstellen. Umgekehrt wird der Kliniker dem Genealogen manchen Fingerzeig verdanken. Ich erinnere an Stelle von vielen anderen nur an den jüngsten Versuch *Kahns*, gewisse Mischformen und andere diagnostische Unbequemlichkeiten aus einer Beeinflussung von verschiedenartigen Erbmassen her verstehen zu lernen.

Wichtig ist die Fühlung der genealogischen Psychiatrie mit der *biologischen Medizinalstatistik* von der Richtung *Weinbergs*, welche erlaubt, durch sinnreiche Korrekturen das fehlende Experiment beim Menschen zu ersetzen.

Wünschenswert wäre auch eine Berücksichtigung der *Demographie* in unserer Abteilung. Unter Demographie oder Volksbeschreibung verstehen wir die statistische Erfassung gewisser Merkmale von umschriebenen Bevölkerungsgruppen und das Studium der Abhängigkeit dieser Merkmale voneinander. Dadurch soll Licht fallen auf die Zusammenhänge des biologischen Geschehens in unserem Volke. Was die demographische Statistik bisher geleistet hat, ist ja ziemlich bekannt. Ich erinnere nur beispielsweise an die Feststellung der Beziehungen zwischen Selbstmord einerseits und Konfession, Jahreszeit, industrieller Entwicklung usw. andererseits, zwischen Trunksucht, Geistesstörung und Verbrechen, zwischen Geisteskrankheit, Altersaufbau, Stadt und Land, Geschlecht, Fruchtbarkeit, Beruf, sozialer Stellung, Zivilstand u. dgl. Allein die Statistiker sind sich wohl ziemlich darüber einig, daß die unpersönliche Demographie doch nicht in der Lage ist, den Ursachen des krankhaften geistigen Geschehens tiefer auf den Grund zu gehen. Ebensowenig wie wir durch die bisherige

gen, jetzt allgemein als nutzlos erkannten Statistiken der erblichen Belastung in den gesetzmäßigen Gang der Erbllichkeit tiefer eingedrungen sind, ebensowenig ist auch mit Bezug auf andere spezielle Ursachen des Irreseins von einer unpersönlichen Demographie wesentlich mehr zu erwarten als sie uns schon gegeben hat. Was anzustreben ist, ist eine immer weitere Ausdehnung der *persönlichen Demographie*. Deren Stärke ist, daß von jeder konkreten Person alle überhaupt erheblichen konkreten Daten bekannt und jederzeit wieder auf die betreffende Person zurückführbar sind. Schlüsse auf ursächliche Verkettungen können dann mit viel größerer Sicherheit und Feinheit gezogen werden, als aus abstrakten, von den anderen Eigenschaften einer gegebenen Person losgelösten Daten einer unpersönlichen Demographie. Gewiß ist auch eine eingehendere statistische Bearbeitung psychiatrischer Fragen im landläufigen Sinne dringend wünschenswert. So interessieren z. B. sowohl örtliche Durchschnitte der Häufigkeit und Art der Geistesstörungen, also eine Topographie der Psychosen, als auch zeitliche Durchschnitte. Es wäre für die Erbllichkeitsforschung von der allergrößten Bedeutung für allerlei Berechnungen, die in Betracht kommen, wenn wir eine genaue Irrenzählung mit Unterscheidung der verschiedenen Diagnosen hätten. Es ist auch für ein Volk wichtig, zu wissen, ob die Zahl der Fälle von Geisteskrankheit und geistiger Entartung zunimmt, gleich bleibt oder abnimmt. Aber gerade hier stößt die gewöhnliche Statistik im Bestreben nach Gründlichkeit wieder auf die größten Hindernisse. Denn ihr stehen, da eine Zählung aller Irren und Minderwertigen aus den verschiedensten Gründen, namentlich wohl finanziellen, unendlich ist, fast nur die Anstaltsgeisteskranken zur Bearbeitung zur Verfügung; die freilebenden Abnormen entgehen ihr. Das Ideal wäre daher zunächst die demographische Verarbeitung eines vollständig, individuell und familiengeschichtlich bestimmten Materials eines nicht allzu großen Bezirkes, wie etwa des Kreises Oberbayern. Ich betrachte es als eine künftige Hauptaufgabe der genealogisch-demographischen Abteilung der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie, in dem bayerischen Kreise, in dem sie hauptsächlich wirkt, allmählich die Schaffung eines vollständigen Katasters aller Geisteskranken und Abnormen samt deren Familien anzuregen und in Angriff zu nehmen. Was darunter zu verstehen ist, ist ja in der Literatur in verschiedenen Modifikationen (namentlich von *Römer*, *Kraepelin* u. a.) besprochen worden. Auch *Weinberg* in Stuttgart ist bestrebt, für Württemberg etwas Derartiges zu schaffen. Allein, wenn das wirklich in ernster Weise geschehen sollte, müßten besondere Mittel bewilligt werden. Der Kreis Oberbayern böte noch den Vorteil eines starken Kontrastes von Stadt und Land. Es bestünde hier die Möglichkeit einer innigen Zusammenarbeit der statistischen Wissenschaft mit der

genealogischen Forschungsrichtung. Ein nicht zu unterschätzender Bruchteil eines oberbayerischen Geisteskrankenkatasters ist ja von der genealogischen Abteilung bereits hergestellt. Er wäre nur so zu erweitern, daß bindende Schlüsse für den ganzen Kreis gezogen werden könnten. Auch das Ideal der Demographie, die umfassende statistische Bearbeitung eines persönlich und familiengeschichtlich gut durchgearbeiteten und bleibenden Urmaterials wäre so zu erreichen. Der wissenschaftliche Geist unserer Stadt, der Hochstand der klinischen Psychiatrie, das zumeist erfreuliche Verständnis der Behörden, insbesondere der Pfarrämter, sowie auch des Publikums für diskrete Untersuchungen über Familiengesundheit wären günstige Vorbedingungen für das Gelingen eines solchen Unternehmens. Es müßte für den Kreis Oberbayern eine Ehrensache sein, hier voranzugehen, um unser Institut in den Stand zu setzen, ein vollständiges Familienkataster anzulegen, um so zur Lösung der brennenden Fragen der Ursachenforschung und Ursachenbekämpfung, vor allem aber auch zur Feststellung des Gesamtstandes der abnormen und gesunden Erbanlagen innerhalb des Kreises Oberbayern beizutragen. Sicher wäre es am zweckmäßigsten, dieses Unternehmen unter ärztliche Leitung zu stellen, da es sich bei einem nicht geringen Teil der notwendigen Erhebungen um Fragen handelt, die vom Publikum kaum einem anderen als dem Arzt mit einiger Rückhaltlosigkeit beantwortet werden.

Reiche Beziehungen der genealogischen Wissenschaft zur *pathologischen Anatomie* sind denkbar, heute aber schwer zu kultivieren. Ich habe da das Bestreben mancher pathologischer Anatomen im Auge, über die Hirnbefunde am Einzelindividuum, wo dies zweckmäßig erscheint, hinauszugehen und die Untersuchungen auf Verwandte auszudehnen, um so auch die familiären Wurzeln mancher Störungen aufzudecken, welche ins eigenste Bereich des pathologischen Anatomen fallen. Schon lange hat beispielsweise *Bratz* dem klinisch-genealogischen Verfahren das anatomisch-genealogische hinzugefügt, d. h. den Vergleich der Hirnbefunde bei blutsverwandten Geisteskranken. Der Vorschlag erscheint freilich leichter, als dessen systematische Durchführung. Es war bisher in gewissem Sinne einem günstigen Zufall überlassen, wenn gerade familiäre Fälle zur Sektion kamen. Es bleibt zu erwägen, ob sich nicht eine stärkere Berücksichtigung der familiären Quellen pathologisch-anatomischer Besonderheiten in der Organisation der pathologisch-anatomischen Arbeit lohnen würde, auch da, wo das Vorliegen familiär verwandter Krankheiten nicht von vornherein auch klinisch so klar zutage liegt, wie z. B. in der familiären amaurotischen Idiotie.

Besonders fördernde Beziehungen der Genealogie zur *Serologie* sind leider in weitere Ferne gerückt, seitdem *Plaut* gezeigt hat, daß die Hoffnungen, welche man in der Psychiatrie in die

differentialdiagnostische Verwertbarkeit der Abderhaldenschen Reaktion gesetzt hat, nicht berechtigt sind. Vom Standpunkt der Differenzierung der Erbtypen ist das sehr zu bedauern. Wichtig bleibt die Serologie für uns aber zur Umschreibung der Grenzen, innerhalb welcher nicht verhängnisvolle Erbanlagen, sondern die Syphilis ihre Opfer fordert.

Auch die *Psychologie*, stelle ich mir vor, könnte wichtige Bausteine für ein auf die Erbkonstitution gegründetes biologisches Einteilungssystem der Psychosen liefern. Allein die Psychologie ist aus der experimentellen Durchforschung einfacher psychischer Vorgänge bei einzelnen, nicht miteinander verwandten Individuen mit wenigen Ausnahmen noch nicht herausgetreten. Die Schwierigkeit der Methoden und Fragestellungen, die Beschwerlichkeit der Arbeit und der Mangel an Mitteln zur Beschaffung von Hilfskräften bewirkte es wohl, daß sie umfassendere familiäre Untersuchungen im Dienste der Charakterisierung von Blutsverwandten noch nicht hat vornehmen können. Daß der Weg gangbar und fruchtbar ist, hat u. a. Römer mit seiner Epilepsiearbeit dargetan. Auch der Psychologe Peters hat gezeigt, daß man die Vererbung seelischer Fähigkeiten selbst im Rahmen Mendelscher Gesichtspunkte sehr wohl verfolgen kann.

Engere Beziehungen sollten bestehen zwischen psychiatrischer Genealogie einerseits und *Anthropologie und innerer Medizin* andererseits. Kraepelin hat ja schon lange darauf hingewiesen, daß bedeutsame Unterschiede geistiger Erkrankung bei verschiedenen Völkern bestehen. Ich sehe wichtige Probleme einer vergleichenden Rassenpsychiatrie nicht allein in fremden Weltteilen, sondern ganz besonders auch hier auf unserm europäischen Boden, wo die uns am nächsten stehenden kulturschaffenden Rassen mit ihren verschiedenen körperlichen und geistigen Erbkonstitutionen zusammenleben. Trotz ihrer reichlichen Mischung besitzen wir doch anthropologische Methoden, sie körperlich voneinander zu sondern, ihren Mischungsgrad zahlenmäßig zu bestimmen. Nur durch solche exakten Paralleluntersuchungen könnte die Bedeutung der Korrelationsharmonie und des Korrelationsbruches für die Psychiatrie festgestellt werden. Von Korrelation spricht man, wenn zwei Eigenschaften derart in Zusammenhang stehen, daß sie in ihrem Auftreten gegenseitig aneinander gebunden sind und daß Abänderungen des einen auch solche des anderen mit sich bringen. Z. B. wenn besonders gefärbte Tiere zu besonderen Krankheiten disponieren. Ich glaube, auch der Mitwirkung der anthropologischen Fachkreise, welche sich für ihre Probleme ebenfalls bereits der Familienforschung bedienen, dürften wir wohl sicher sein.

Engere Beziehungen der genealogischen Psychiatrie sollten aber auch zur internen Medizin bestehen, wiederum besonders um der Korrelationsfrage willen. Es ist zwar ein Hauptsatz der

modernen Vererbungslehre, daß die Anlagen zu einzelnen Eigenschaften durchaus unabhängig voneinander sich vererben können. Aber auf der anderen Seite wissen wir, daß es Korrelationen gibt, und daß sich auch korrelative Verknüpfungen vererben können. Solche Korrelationen gibt es sicherlich auch zwischen geistiger Abnormität und Zuständen meist erbkonstitutioneller Natur, welche in das engere Bereich der internen Medizin gehören. Ich erinnere hier nur an die oft erwähnten und beschriebenen, aber noch nicht in mathematische Formeln gefaßten Beziehungen zwischen den Anlagen zu geistiger Störung, Gicht, Asthma und Fettleibigkeit. Hier haben wir ein Korrelationssyndrom, das bekanntlich schon lange der Gegenstand des Studiums war. Aber exakt, auf Grund der Lehren der rechnenden Vererbungslehre, ist es noch nicht angepackt. Ich erinnere ferner an die Zusammenhänge zwischen manisch-depressivem Irresein und Arteriosklerose, an das ungemein häufige Zusammentreffen von Jugendirresein und Tuberkulose, das man wohl kaum allein damit abtun kann, indem man sagt, die Dementia-praecox-Kranken sterben mehr an Tuberkulose, weil sie sich weniger bewegen, unreinlich sind, schlechter ernähren usw. Ich erinnere an die auffallende Tatsache eines negativen korrelativen Zusammenhanges zwischen Paralyse und manisch-depressivem Irresein, an die Zusammenhänge zwischen psychischen und nervösen Anomalien einerseits und Mißbildungen am Sehapparat, Zuckerharnruhr, Hautausschlägen usw. andererseits, ferner an das Kapitel innere Sekretion und psychische Anomalien usw.

Was ergibt sich aus unserer Disziplin für die Praxis?

Falls die an unserm Institut noch weitergehenden Untersuchungen über mutmaßliche Entartungsursachen den bisherigen entsprechende Resultate ergeben sollten, wären die Schlußfolgerungen, die sie für unsere Kulturrassen brächten, beachtenswert. Sie wären bei dem schrecklichen Elend, das die beiden Plagen des Alkohols und der Syphilis sonst anrichten, uns eine gewisse Beruhigung nach der Richtung, daß wenigstens die Erbanlagen unseres Volkes unangetastet blieben. Sie wären aber auch wichtige, beruhigende Anhaltspunkte für die ärztliche Eheberatung des einzelnen, der von den fraglichen Faktoren her eine sogenannte erbliche Belastung fürchtet. Denn wir können es nur begrüßen, wenn in den erforschten Tatsachen auch einmal Gründe zu rassenhygienischer Zuversicht gegeben sind. Die Züchtung rassenhygienischer Hypochondrie ist ebensowenig wünschenswert wie die Förderung eines rassenhygienischen Leichtsinns.

Auf dem Gebiete der Vererbung werden wir um so mannigfachere praktische Lehren ziehen können, je näher wir dem Ziele kommen, das Pflanzen- und Tierzüchter bereits erreicht haben. Was ich in letzter Instanz nach dieser Richtung

hin anstrebe, ist die Aufstellung einer zuverlässigen Skala der Erkrankungswahrscheinlichkeiten für den einzelnen Menschen und dessen Nachkommen. Denn kennen wir die Gesetze der Vererbung im einzelnen, so ist das möglich. Ja in gewissen Fällen wird man, bei Kenntnis der speziellen Gesetzmäßigkeit, aller familiären Einzelheiten, wie Blutsverwandtschaft, Zwischentypen usw. sogar mit Sicherheit prognostizieren lernen können. Wer als Psychiater viel mit Beratung von Brautleuten oder Eltern von solchen über die Frage der Opportunität der Heirat und Kinderzeugung zu tun hat, wird mir, wenn er ehrlich ist, zugeben müssen, wie wohltuend sein Gewissen und seine Verantwortung entlastet würde, wenn ihm eine solche Skala der Erkrankungswahrscheinlichkeiten für die in Betracht kommenden Ehepartner und Nachkommen zu Gebote stünde, welche auf wissenschaftlicher Forschung fußt.

Aber Sache einer rassenhygienischen Aufklärung wird es dann sein, den Menschen dazu zu bewegen, auch sein Handeln nach den Ergebnissen und Ratschlägen der Vererbungsforschung einzurichten. Denn besser ist doch stets, die Erzeugung einer unglücklich veranlagten Nachkommenschaft zu verhüten, als auf Heilungsversuche zu vertrauen, die auf unserm Gebiet doch recht unbefriedigend sind. Wer also dann nicht hören will, wird samt seinen Nachkommen fühlen müssen. Nötigenfalls wird gegen Weiterverbreitung der gefährlichsten Anomalien von seiten einsichtloser und nicht sozialführender Menschen die Gesetzgebung einzuschreiten haben. Sie wird in Zukunft eine bessere Handhabe besitzen und überzeugender für die Beteiligten wirken, wenn unser Ziel der Aufstellung von Vererbungsgesetzen und damit ein sicheres Prognostizieren mit Bezug auf den Ausfall einer zu erwartenden Nachkommenschaft erreicht ist als heute, wo wir auf psychiatrischem Gebiete noch am Anfang der Erblichkeitsforschung stehen.

Eine erfolgreiche Erblichkeitsforschung wird auch die Voraussetzung sein für die Beurteilung der Vererbungsaussichten geistiger Gesundheit in den Eheattesten, deren Einführung ja wohl nur eine Frage der Zeit ist. Ich wenigstens bin der Ansicht, daß wir ohne solche auf die Dauer nicht auskommen werden. Es ist zwar richtig, daß die sogenannte positive Rassenhygiene, die Förderung der Fortpflanzung der Vollwertigen, viel wichtiger ist als die negative Rassenhygiene, die Unterdrückung der Fortpflanzung der Minderwertigen. Ich stimme also durchaus den von Gruber, Lenz und vielen anderen gemachten Vorschlägen zu, welche letztlich darauf hinauslaufen, zu einer kräftigen Fortpflanzung anzuspörnen, in der Weise, daß die Kinderlosen und Kinderarmen einen entsprechenden Teil der Last mit übernehmen, welche jetzt noch von den Kinderreichen getragen werden muß. Allein es ist nicht wünschenswert, jemand durch wirtschaftliche

Unterstützung zu kräftiger Fortpflanzung anzuregen, der aller Voraussicht nach eine kranke und minderwertige Nachkommenschaft erzeugen wird. Ich stelle mir daher für die Zukunft die Sache so vor, daß jeder Ehe kandidat sein Eheattest, natürlich mit allen vorgeschlagenen Kautelen, zu bekommen hat, das lediglich ein Ja oder Nein zu enthalten haben wird, das aber auch dem Partner rechtzeitig bekanntzugeben ist. Also: obligatorischer Austausch der Eheatteste, zunächst ohne gesetzlichen Zwang zur Danachachtung, aber mit den entsprechenden wirtschaftlichen Folgen für die Aufziehung der Nachkommenschaft. D. h.: ein Nein im Eheattest würde zwar kein direkt zwingendes Eheverbot mit sich bringen. Allein es würden diejenigen, die sich nicht danach richten, sondern trotzdem heiraten und Kinder zeugen, der Rechte auf die wirtschaftlichen Vorteile bei der Kinderaufbringung verlustig gehen, auf welche diejenigen Eltern Anspruch hätten, deren Eheatteste in Ordnung sind. In einem reiferen Stadium der Volksaufklärung wären dann freilich direkte Eheverbote zu erlassen, damit nicht die Kinder die Unvernunft rücksichtsloser Eltern büßen müssen. Aber all dies wird meiner Ansicht nach erst dann zu verwirklichen sein, wenn wir eben, wenigstens auf unserem psychiatrischen Gebiete, in der Vererbungsforschung etwas weitergekommen sind. Dann aber muß auf Verhütung der Geisteskrankheiten, auf Vorbeugung, auf kausale, rassenhygienische Therapie hingearbeitet werden.

Selbstverständlich wird aber eine rassenhygienische Therapie die rein symptomatische nicht ausschließen. Es muß auch den Opfern erblicher Anlagen unmittelbar geholfen werden, so gut wir es eben vermögen.

Allein glaubt jemand im Ernst, daß in absehbarer Zeit viel Aussicht besteht, um ein Bild zu gebrauchen, auch Brillen, Krücken und wirksame operative Eingriffe für Schwachsinn, geistige Minderwertigkeit und erbliche Geistesstörung zu finden? Und selbst wenn das der Fall wäre — theoretisch kann man sich das wohl denken — die Anlagen selbst werden damit sicher nicht beseitigt, im Gegenteil, die allgemeine Anlageminderwertigkeit würde begünstigt und die geistige und körperliche Gesundheit bei der immer zunehmenden Kompliziertheit des therapeutischen Systems zum Kartenhaus. Also: Symptomatische und rassenhygienische Therapie! Je mehr wir Rassenhygiene treiben, desto weniger werden wir die symptomatische Therapie brauchen. Je weniger Rassenhygiene wir treiben, desto wurmstichiger wird die Gesundheit des Menschen. So ist also, da das letzte und vornehmste Ziel des Klinikers eine wirksame Therapie ist, sein Tun und Lassen auch therapeutisch innig an dasjenige des genealogischen Psychiaters geknüpft. Ist einmal der Nachweis der erblichen Verankerung einer Geistesstörung von genealogischer Seite her erbracht, so kann die symptomatische Therapie dem

Kliniker nicht mehr genügen. So verschwimmen also, im Hinblick auf die Rassenhygiene, die Grenzen zwischen Kliniker und Genealogen. Denn mit Rücksicht allein auf eine vorbeugende Erbtherapie, von anderen gemeinsamen Aufgaben und Interessen ganz zu schweigen, muß der Kliniker ebenso sehr Genealoge wie der Genealoge Kliniker sein.

Zum Schlusse noch eine Betrachtung über die wichtige *Kehrseite der psychiatrischen Genealogie*, die oft vernachlässigt wird: Wie wir gesehen, strebt die psychiatrische Genealogie in letzter Linie die Grundlagen zu einer vorbeugenden Therapie an. Allein der psychiatrische Familienforscher wird sein Augenmerk nicht bloß auf die Schattenseiten des psychischen Geschehens werfen. Das allerletzte Ziel des psychiatrischen Familienforschers ist nicht nur ein negatives, d. h. die Beseitigung aller Ursachen geistiger Störung, sondern auch ein positives, nämlich die unmittelbare Förderung der höheren Werte geistigen Lebens und eines überquellenden gesunden Lebens überhaupt. Zu diesem Zwecke studiert er auch direkt die günstigsten Bedingungen der Entstehung, Erhaltung und Vermehrung aller positiven geistigen und sittlichen Werte. Es interessiert ihn also auch besonders, wie sittlicher Charakter, Begabung, Talent und geniale Anlage entstehen, sich erhalten und vermehren. Auch hier spielt offenbar die Erbllichkeit eine hervorragende Rolle. Wir wissen aber, daß leider Begabung, Talent und Genie nicht so selten mit pathologischen, persönlichkeits- und rassefeindlichen Bestandteilen auf psychischem und körperlichem Gebiete vermenget oder verknüpft sind. Nur wenn wir also die erbliche Verursachung minderwertiger Zustände einerseits, von Begabung und Talent andererseits genau erforscht haben, werden wir die Möglichkeit beurteilen können, Krankheit und Abnormalität zu bekämpfen, ohne Begabung und Talent zu schädigen, auf deren Förderung jede höhere Kultur in erster Linie angewiesen ist. Nur dann werden wir beurteilen können, ob es möglich ist, seelische Tüchtigkeit, Begabung, Talent und Genie in unserem Volke zu vermehren, ohne auch die Vermehrung geistiger und anderer Minderwertigkeit mit in Kauf nehmen zu müssen.

Eishöhlen.

Ein Beitrag zu ihrer physikalisch-meteorologischen Erklärung.

Von Ernst Hauser und Robert Oedl,
Göttingen-München.

Dem unermüdlichen Eifer und der schier grenzenlosen Ausdauer einiger weniger verdankt die Höhlenforschung der letzten 20 Jahre ihre großen Erfolge. Wenn hiervon verhältnismäßig wenig in die Öffentlichkeit gedrungen ist, so ist der Grund wohl darin zu suchen, daß die Be-

gehung der meisten Höhlen touristische Schulung erfordert und im allgemeinen, außer für den Geo- und Morphologen, wenig Interessantes zu bieten vermag. Ganz anders aber liegt der Fall bei den neuentdeckten Rieseneishöhlen in den salzburgisch-steirisch-oberösterreichischen Bergen, deren Erforschung durch die Erschließung der *Eisriesenwelt* unter dem Hochkogel im Tennengebirge (Bahnhof Werfen, südl. Salzburg), der größten heute bekannten Eishöhle der Erde, vorläufig ihren Höhepunkt erreicht hat. Der Hinweis auf diese großartigen Entdeckungen möge genügen, um die folgenden Zeilen zu rechtfertigen und das Interesse aller Naturfreunde und Forscher auf ein Gebiet zu lenken, auf welchem noch so manche Erscheinung ihrer Erklärung harret. Daher wollen wir im folgenden nicht eine Beschreibung einer einzelnen Eishöhle geben, sondern uns lediglich darauf beschränken, auf Grund unserer langen Beobachtungen eine einwandfreie und wissenschaftlich korrekte Erklärung dieser Naturphänomene zu bringen, zumal alle bisherigen Theorien entweder als falsch oder zumindest sehr mangelhaft bezeichnet werden müssen. Es würde auch den Rahmen dieser Arbeit bei weitem überschreiten, wollten wir uns hier mit allen älteren Erklärungsversuchen und Theorien auseinandersetzen, und wir glauben dies mit um so ruhigerem Gewissen übergehen zu dürfen, als die meisten dieser Theorien sich mit sogenannten *wirklichen* oder *statischen* Eishöhlen¹⁾ befassen und die Erklärungsversuche von Windröhren oder dynamischen Eishöhlen²⁾ erst den letzten Jahren angehören, zumal, wie schon erwähnt, die Entdeckungen riesenhafter Windröhrensysteme mit Winter- und Sommereis allerjüngsten Datums sind³⁾.

Wir haben nun ganz systematisch zahlreiche, über lange Zeitperioden sich erstreckende Beobachtungen und Messungen in Windröhren mit Winter- und Sommereis angestellt. Auf Grund

¹⁾ Unter wirklichen oder statischen Eishöhlen versteht man Höhlen mit einer einzigen Öffnung gegen die Außenwelt. Die Höhle als solche ist von ihrem Eingang nach abwärts geneigt, so daß sich in ihr immer die relativ kälteste Luft ansammelt. Eine solche Höhle wirkt gewissermaßen als Kältespeicher im Gegensatz zu Höhlen, die vom Eingang nach aufwärts ziehen und daher die relativ wärmste Luft enthalten (sie werden Backöfen genannt).

²⁾ Unter Windröhren oder dynamischen Eishöhlen versteht man solche, die mindestens zwei Öffnungen gegen die Außenwelt haben, die in der Regel in verschiedener Höhe über dem Meeresspiegel liegen.

³⁾ Eine rühmliche Ausnahme in der Eishöhlenliteratur macht eine Arbeit von Crammer „Eishöhlen und Windröhren“, Wien 1899, Verlag Lechner. Sie behandelt hauptsächlich die Eisbildung in *wirklichen* Eishöhlen, ist aber wegen der systematisch durchgeführten zahlreichen Beobachtungen geradezu als klassisch zu bezeichnen.

Von Arbeiten über Windröhren sei die Arbeit von Bock erwähnt (Bock, Lahner u. Gaunersdorfer, „Höhlen im Dachstein“, Graz 1913), doch fehlt auch dieser Arbeit, trotz großer Mühe, die angewandt wurde, alle Erscheinungen in mathematische Formeln zu bringen, der Blick für das Ganze. Wesentliches wird übersehen, Unwesentliches viel zu sehr ausgebeutet.

dieser in physikalisch-meteorologischer Richtung hin gepflogenen Untersuchungen glauben wir eine Erklärung dieser interessanten Naturerscheinung geben zu können, die ganz allgemein auf alle Eiswindröhren Anwendung finden kann. Wenn wir auch überzeugt sind, daß unsere Theorie, die wir im folgenden entwickeln werden, allen an sie gestellten Forderungen entspricht, so geben wir sie dennoch mit einem gewissen Vorbehalt wieder, denn wir sind uns bewußt, daß erst über mehrere Jahre ausgedehnte Beobachtungen es gestatten, in dieser Frage das entscheidende letzte Wort zu sprechen.

Wie in der Anmerkung ausgeführt wurde, verstehen wir unter einer Windröhre eine Höhle mit mindestens zwei Ausgängen, die im allgemeinen in verschiedener Höhe liegen (siehe Fig. 2), zum Unterschied von eigentlichen Höhlen, die nur einen Ausgang besitzen (Fig. 1). Eine statische Höhle, die vom Eingang aus nach abwärts geneigt ist (Fig. 1a), wird zu einer Eishöhle, wenn ihre geographische Lage es ermöglicht, daß die Temperatur der Außenluft längere Zeit im Jahre unter 0°C liegt und daß die Strah-

der Höhlenluft die Außentemperatur übersteigt, beginnt die vorhin geschilderte Luftströmung von neuem. Diese Art von Höhlen ist also gewissermaßen als natürlicher Kältespeicher aufzufassen. Das Gegenteil hierzu sind Höhlen, die vom Eingang nach aufwärts streben (Fig. 1b). Hier findet die Luftströmung im Sommer statt und ruht fast während des ganzen Winters. Diese Höhlen sind eine Art Wärmespeicher und werden daher „Backöfen“ genannt. Wir haben die Erklärung dieser Höhlenarten deshalb so eingehend gebracht, obwohl sie eigentlich nicht zum Thema dieser Abhandlung gehört, um zeigen zu können, daß es für die Erklärung der Eisbildung in Windröhren ganz einerlei ist, ob in dem gesamten Höhlensystem Kälte- oder Wärmespeicher eingeschaltet sind oder nicht. Gerade dieser Umstand ist aber außerordentlich wichtig, da alle bisherigen Theorien sofort scheitern mußten, wenn z. B. der Eis-



Fig. 1.

- a) Höhle mit einem Eingang, nach abwärts geneigt, mit angedeuteter Richtung der Luftzirkulation (Kältespeicher).
- b) Höhle mit einem Eingang, nach aufwärts geneigt, mit angedeuteter Richtung der Luftzirkulation (Backofen).

len der Sonne nicht direkt in die Höhle fallen können und wenn zur Zeit der Schneeschmelze Tropfwasser in die Höhle gelangen kann. Die kalte Außenluft wird infolge ihres größeren spezifischen Gewichtes in die Höhle absinken, das Gestein hierbei abkühlen und mit Wärme gewissermaßen beladen an der Decke wieder herausstreichen. Diese Luftzirkulation wird so lange stattfinden, bis zwischen Gesteintemperatur und Luft ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Die warme Außenluft im Sommer ist nicht imstande, in die Höhle einzudringen, da sie spezifisch leichter ist, und so ist es möglich, daß sich das durch einfallendes Tropfwasser im Frühjahr bildende Eis über den Sommer so lange hält, bis die Erwärmung des Gesteins von außen soweit vorge-schritten ist, daß das Eis in der Höhle zum Schmelzen kommt und die Luft in der Höhle allmählich erwärmt wird. Sobald die Temperatur



Fig. 2.

- a) Querschnitt durch eine normale Windröhre mit einem horizontalen und einem vertikalen Ast.
- b) Windröhre mit eingeschalteten Sackhöhlen nach oben und unten.
- c) Windröhre mit kurzem Vertikalast und schrägem Ast an Stelle einer horizontalen Fortsetzung.

teil einer Windröhre vom Eingang ansteigen würde (Fig. 2c) und nicht, wie Fig. 2b zeigt, durch eingeschaltete Kältespeicher ein triftiger Grund für die Eisbildung vorliegt. Die Eisesriesenwelt im Tennengebirge weist aber nun, derzeitig als einzig bekannter Fall, einen ansteigenden Eisteil auf (100 m Steigung auf 200 m Entfernung!), und gerade an dieser Höhle konnten wir die Richtigkeit unserer Theorie eingehend prüfen.

Wir kehren nun zur schematischen Fig. 2a zurück, an deren Hand wir beweisen wollen, daß unsere Theorie zwangsläufig für alle Windröhren mit Eisbildung Geltung haben muß.

Um die Erklärung möglichst übersichtlich zu gestalten, setzen wir ein Anfangsstadium voraus, auf das wir am Schluß dieser Arbeit aber noch zu sprechen kommen. Unsere Voraussetzungen, die sich mit dem tatsächlichen Zustand in der Höhle

zu Beginn der Winterperiode decken, sind folgende:

Die Luft in der Höhle ($a + b$) Fig. 2a ist im Vergleich zur Außenluft c warm. Was sind die Folgen dieses Zustandes? Die relativ wärmere Luft wird infolge ihres kleineren spezifischen Gewichtes die Tendenz haben, durch b nach oben zu entweichen. Sie wird des weiteren dadurch bei e Außenluft nachsaugen, da sonst im Inneren der Höhle ein Vakuum entstehen müßte, was bei einem beiderseitig offenen System undenkbar ist. Wir erhalten also auf diese Art und Weise einen Luftstrom in der Richtung $e-a-b-d$. Doch genügt der eben erwähnte Unterschied in der Lufttemperatur allein nicht, um den nach aufwärts gerichteten Luftstrom zu rechtfertigen, denn bei Höhlen, deren Öffnungen größere Höhendifferenzen aufweisen, fällt der Unterschied des Luftdruckes und die dadurch bedingte Gewichtsänderung schon beträchtlich in die Wagschale. Es wäre ein Fall denkbar, daß die in der Höhle befindliche Luft wohl wärmer als die Außenluft ist, aber trotzdem annähernd gleiches Gewicht besitzt, wie letztere, wodurch eine Strömung im obigen Sinne ausgeschlossen erscheint. Hier tritt nun aber ein weiterer Faktor zu unseren Betrachtungen hinzu. Die kalte Außenluft sinkt längs der Felswand f ab und dringt bei e in die Höhle ein, da ihr hier die in a befindliche wärmere Luft keinen Widerstand entgegensetzt. Wir haben es also hier sowohl mit einer Saug- wie mit einer Druckwirkung zu tun, die sich gegenseitig verstärken und so die Luftströmung in Richtung $a-d$ herbeiführen. Die kalte, bei e eindringende Luft wird nun das Gestein abkühlen und selbst durch die dem Gestein hierbei entzogene Wärme sich erwärmen, leichter werden und daher trachten, sobald als möglich nach oben zu entweichen. Die am Gestein ausgeübte abkühlende Wirkung wird natürlich in der Nähe von e am stärksten sein, während sie im rückwärtigen Teile der Höhle erst dann eine intensivere Gesteinabkühlung verursachen wird, wenn das Gestein im vorderen Teile der Höhle auf ein Minimum abgekühlt ist. Die Stärke der Abkühlung und wie weit sie sich in die Höhle erstreckt, hängt also einerseits von der Länge der Höhle, andererseits aber von der herrschenden Außentemperatur und der Dauer der Kälteperiode ab.

Im Frühjahr tritt nun ein Wechsel in der Luftzirkulation ein. Die Außenluft wird wärmer als die in der Höhle befindliche. Die Folge davon ist, daß die in a befindliche relativ kalte Luft bei e absinken wird und nun analog zu früher bei d Luft (warme!) nachsaugt. Die Behauptung anderer Autoren, daß die warme Luft bei d sich am Gestein abkühlt, in die Höhle absinkt und so die in der Höhle befindliche Luft bei e herausdrückt, ist von untergeordneter Bedeutung. Eine Abkühlung der Außenluft beim oberen Eingange der Höhle wird nur dann eintreten, wenn derselbe trichterförmig gestaltet ist

und sich in ihm der Schnee auch noch durch einen Teil des Sommers hält. (Man muß nur einmal beobachtet haben, wie warm das Gestein auf einem Berge im Sommer wird, wenn es den ganzen Tag den Strahlen der Sonne ausgesetzt ist.) Wohl aber tritt hier noch eine Erscheinung zutage, die nicht unberücksichtigt bleiben darf. Zur Zeit der Schneeschmelze, wenn also die Außenluft bereits wärmer als die Höhlenluft ist, dringt reichliches Schmelzwasser durch die senkrechten Schlote in die Höhle ein und saugt nach Art einer Wasserstrahl- oder Tropfpumpe Außenluft mit. Während der Wärmeperiode haben wir es also im allgemeinen lediglich mit einer Saugwirkung zu tun. Was geschieht nun, wenn in der Wärmeperiode die warme Außenluft durch d in die Höhle gesogen wird? Die warme Luft steigt an dem abgekühlten Gestein entlang und gibt nun unter eigener Abkühlung an dieses Wärme ab. Je weiter die Luft sich im System e nähert, desto kälter wird sie, desto weniger ist sie imstande, das durch die Winterluftströmung abgekühlte Gestein zu erwärmen. Daraus folgt aber, daß der dem Eingang e benachbarte Teil der Höhle auch im Sommer relativ am kältesten sein wird, und gerade in diesem Teile findet man ja in Windröhren das permanente Eis.

Mit Hilfe der eben angestellten Überlegungen sind wir nun bereits imstande, eine für jede Windröhre gültige Erklärung der Eisbildung und -erhaltung abzugeben, denn für die Erklärung dieser Erscheinungen genügt einzig und allein schon die Erkenntnis, daß die durch die winterliche Luftströmung erfolgte Gesteinabkühlung und die im Sommer in der Nähe von e erfolgende relativ geringste Erwärmung der Höhle die maßgebendsten Faktoren unserer Betrachtung sind. Alle anderen Erklärungsversuche, wie Verdunstungskälte, Überkaltung durch Kapillarercheinungen, Abkühlung durch Schmelz- und Lösungsvorgänge sind teils ganz falsch, teils aber von ganz untergeordneter Bedeutung.

Wenn nun zu Beginn der warmen Periode der Schnee auf den Bergen zu schmelzen beginnt, so dringt er in Form von Schmelzwasser durch die Spalten und Schlote in die Höhle. Sobald aber das Schmelzwasser in die durch die Winterluft stark abgekühlte Höhle gelangt, deren Gestein ebenfalls unter 0° abgekühlt wurde, so erstarrt es zu Eis. Die beim Auftreffen der Tropfen erzeugte Wärme ist kaum in Rechnung zu stellen, keinesfalls ist sie so groß, daß sie eine nennenswerte Temperaturerhöhung des Höhlensystems hervorrufen könnte. Kurz nach Beginn der Schmelzwasserperiode finden wir daher in solchen Windröhren überall dort Eisbildung, wo eben Tropfwasser in die Höhle gelangt, und die Mächtigkeit der Eisgebilde hängt lediglich von der Stärke des Tropfenfalles ab. Je länger aber die Wärmeperiode andauert, um so weiter wird die von d beginnende Gesteinerwärmung gegen e fortschreiten und so die Bildung und Erhaltung der

Eisfiguren verhindern und zum allmählichen Abschmelzen bringen. In dem *e* benachbarten Teile der Höhle wird die Erwärmung aber, wie wir sehen, erst viel später eintreten als bei *d*, und falls die Höhle von *e* ansteigt, ist sogar der Fall denkbar, daß das Schmelzwasser der Eisgebilde aus dem rückwärtigen Teile der Höhle, bei seinem Abfließen im vorderen Teile neuerlich erstarrt und so zur Vergrößerung der Eisgebilde dieses Teiles beiträgt. (Dieser interessante Fall kann in der Eisriesenwelt beobachtet werden.) Je weiter die Wärmeperiode fortschreitet, um so mehr wird die Höhle erwärmt und um so mehr wird man das Abschmelzen des Eises wahrnehmen können, bis der Eintritt der Kälteperiode diesem

während einer Wärmeperiode die Temperatur bei *d* für einige Zeit unter die der Höhlenluft sinkt, so tritt eine Umkehr der Luftströmung ein. Thermographenablesungen bei *e* zeigen nun, daß hier die warme Außenluft so lange eingesogen wird, bis die Kältewelle sich auch längs des Felsens bis *e* herabzieht, oder bis eine neuerliche Umkehr der Zirkulation diese Erscheinung beseitigt.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß die Eisbildung in Windröhren lediglich auf der Abkühlung des Gesteins der Höhle beruht, verursacht durch die während der Kälteperiode beim unteren Höhleneingang eindringende kalte Außenluft. Die Erhaltung des Eises während der



Fig. 3. Keulenartige Bodenzapfen.

Zustand Einhalt gebietet. Das noch vorhandene Schmelzwasser gefriert und die Höhle bleibt dann so lange in diesem Zustande, bis neuerlich im Frühjahr eindringendes Schmelzwasser die Eisfiguren zu neuem Wachstum erweckt.

Es ist selbstverständlich, daß auch während der Kälteperiode an warmen, klaren Tagen für einige Stunden die Luftströmung im Sinne der warmen Periode verläuft, und umgekehrt kann im Spätherbst schon mitunter der Fall eintreten, daß die Richtung des Luftstromes dem der Kälteperiode entspricht. Der letztere dieser beiden Fälle ist deshalb interessant, da seine genaue Beobachtung eine sehr schöne Bestätigung für unsere Theorie mit sich bringt. Wenn nämlich

warmen Jahreszeit beruht hingegen darauf, daß die *e* benachbarten Teile der Höhle am wenigsten erwärmt werden und sich so hier das Eis am längsten halten kann. Von Wichtigkeit für die Erhaltung dieses Phänomens, welches jeden, der es das erstemal sieht, bezaubert, ist, daß das in der Schmelzwasserperiode gebildete Eis im allgemeinen zumindest der Menge das Gleichgewicht hält, die in der Wärmeperiode abschmilzt. In welche Zeit die Entstehung der einzelnen Höhlen zu verlegen wäre, ist eine Frage, die wohl für jede Höhle speziell nach gründlicher geologischer Erforschung der ganzen Gegend beantwortet werden muß; ihre Umwandlung in eine Eishöhle war aber von dem Momente an gegeben, wo durch

eine Änderung des Klimas die äußeren, oben eingehend erörterten Bedingungen gegeben waren.

Wir hoffen, dem Leser die Erklärung dieser interessanten Erscheinung an Hand der Zeichnungen klar vor Augen geführt zu haben und vor allem den Beweis erbracht zu haben, daß die Form der Windröhren im allgemeinen keinen Einfluß auf die Eisbildung und -erhaltung hat⁴⁾.

Es ist uns eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Dr. Otto Lehmann vom geographischen Institut der Universität Wien für seine vielen Ratschläge zu danken, ebenso Herrn Dr. A. Huber der bayerischen Landeswetterwarte in München für die Überlassung verschiedener Apparaturen. Der gleiche Dank gebührt Herrn Professor Schmidt der Hochschule für Bodenkultur in Wien.

Die unseren gesamten Untersuchungen stets zugrunde gelegten geodätischen Vermessungen wurden mit dem Bruntouschen Universalinstrument vorgenommen. Bei der oft schwierigen Lage, in der die Messungen vorgenommen werden mußten, ist dieses von der Firma Fueß, Berlin-Steglitz, hergestellte Instrument unersetzlich und in seiner Genauigkeit unerreicht. Daher gebührt auch dieser Firma für die Überlassung eines solchen Apparates unser wärmster Dank.

Die photographischen Desensibilisatoren und ihre Anwendung im Safraninverfahren.

Von Lüppo-Cramer, München.

Bei der großen Bedeutung der Farbstoffe, die das Bromsilber der photographischen Platte für alle Strahlen des Spektrums empfindlich machen, es „optisch sensibilisieren“, erscheint es seltsam, daß man über den Vorgang dieser Sensibilisierung heute noch, ehrlich gesagt, ganz im unklaren ist. Als einzige mit Sicherheit bekannte Vorbedingung für die optische Sensibilisierung der Bromsilberschicht kann man nur angeben, daß der betr. Farbstoff das Bromsilber anfärben muß. Man kann aber umgekehrt aus der Tatsache einer Anfärbung nicht ableiten, daß der Farbstoff eine Sensibilisierung ausübt. Auch weiß man so gut wie nichts über die Bedingungen der Sensibilisation, soweit diese in der chemischen Konstitution der Farbstoffe begründet ist. Man hat nur rein empirisch gewisse Klassen von Farbstoffen herausgefunden, die gute Sensibilisatoren sind, unter denen die Eosine, die Zyanine und vor allem die Isozyanine die Hauptrolle spielen. Auch die mehr oder weniger leichte Zersetzlichkeit der Farbstoffe an sich im Lichte ist nicht immer entscheidend für ihre Wirksamkeit als Sensibili-

satoren. Interessant ist in diesem Zusammenhange, daß die dem Verfasser zuerst gelungene Anfärbung des Halogensilbers mit *kolloidem Silber* eine Empfindlichkeit für das ganze sichtbare Spektrum erzeugt.

Es ist nun zwar hin und wieder schon von Forschern, die sich mit der Prüfung von Sensibilisatoren befaßten, beobachtet worden, daß gewisse Farbstoffe die Empfindlichkeit des Bromsilbers *verringerten*, doch hat man diesen Umstand niemals für wichtig genug gehalten, um ihn näher zu untersuchen oder gar ihn praktisch zu verwerten. Man glaubte vielfach, daß es sich in derartigen Fällen um eine einfache „Schirmwirkung“ handele, die ja sehr wenig interessant ist, oder aber man schrieb die desensibilisierende Wirkung sogenannten Verunreinigungen zu. So blieb eine außerordentliche Erleichterung in der photographischen Technik bis vor kurzem unentdeckt, und zugleich entging den Forschern, denen auch an der theoretischen Erklärung des Sensibilisierungsvorganges gelegen haben würde, die Möglichkeit, vielleicht auf einem Umwege dem Problem näher zu kommen.

Schon manchem Photographierenden hat die Dunkelkammer die Lichtbildkunst verleidet, und Tausende mögen vielleicht auf den Photosport verzichtet haben, weil ihnen vor der geheimnisvollen Kammer mit dem schwachen roten Lichte graute. Es lag nun allerdings nahe, die photographische Platte nach der Belichtung in der Kamera auf chemischem Wege in ihrer Empfindlichkeit so zu beeinflussen, daß wenigstens eine *Entwicklung* bei hellerem Lichte ermöglicht würde. In dieser Richtung wurden mehrfach Versuche unternommen, die aber alle daran scheiterten, daß Agenzien, die die Lichtempfindlichkeit herabsetzen, stets auch gleichzeitig das bereits vorhandene latente Bild mehr oder weniger weit zerstören. Ein anderer Vorschlag bestand darin, daß man, anstatt eine rote Lampe zu verwenden, die Platte in einem sehr stark mit roten Farbstoffen versetzten Entwickler hervorrufft. Da aber die Farbstoffe hier nur durch ihre Lichtabsorption wirkten, war es nicht möglich, die Negative aus der Lösung herauszunehmen, um sie in der Durchsicht, die für die Beurteilung ja allein maßgebend ist, gegen eine helle Lichtquelle zu betrachten.

Der Verfasser fand nun bei Untersuchungen in ganz anderem Zusammenhange¹⁾, daß die *Oxydationsprodukte* einiger Entwicklersubstanzen, insbesondere des Amidols und seiner Homologen, in stark verdünnter Lösung (0,05%) die Empfindlichkeit des Bromsilbers ohne jede Schädigung des latenten Lichtbildes so stark herabdrücken, daß es möglich ist, nach einem solchen

⁴⁾ Wir haben Tabellen über Temperaturen, Wind und Feuchtigkeit absichtlich weggelassen, um den Leser nicht unnütz zu ermüden und behalten uns die Veröffentlichung derselben in einer Zusammenfassung unserer gesamten Forschungen in den Höhlen deutschen Sprachgebietes dereinst vor.

¹⁾ Ausführlicheres über das Thema in: *Lüppo-Cramer, Negativentwicklung bei hellem Lichte* (Safraninverfahren). Ed. Liesegangs Verlag (M. Eger), Leipzig 1921.

Vorbade die Hervorrufung des Bildes bei einem ganz hellen gelben Lichte vorzunehmen. Es schien zunächst, daß das Amidol als solches, d. h. ohne daß es oxydiert wurde, jene wichtige Wirkung auf das Bromsilber ausübe. Denn es genügt vollständig, Amidol in frisch destilliertem Wasser aufzulösen, wobei eine ganz farblose Lösung entsteht. Auch die in einer solchen Lösung gebadete Platte bleibt fast farblos, und man kommt zunächst gar nicht auf den Verdacht, daß gerade Spuren von Oxydationsprodukten es sind, die jene Wirkung ausüben. Erst erhebliche Umwege meiner Untersuchung führten zu dem Ergebnis, daß es doch tatsächlich die Oxydationsprodukte mehrerer Entwicklersubstanzen sind, die für den Prozeß der Empfindlichkeitsverringering (Desensibilisation) ausschlaggebend sind. Solche Oxydationsprodukte, insbesondere die der Amido-phenole, haben nun ausgesprochenen Farbstoffcharakter, und dies führte mich auf die Vermutung, daß man wohl auch unter den eigentlichen Farbstoffen solche finden würde, die sich in der angedeuteten Richtung photographisch verwenden ließen.

Aus einer großen Reihe von Farbstoffen, die mir zu diesem Zwecke von E. König, dem bekannten Entdecker der meisten modernen Sensibilisatoren, zur Verfügung gestellt wurden, fand ich die Gruppe der *Safranine* hervorragend geeignet. Am besten hat sich das *Phenosafranin* bewährt, wenn es auch zahlreiche andere Vertreter dieser und anderer Farbstoffklassen gibt, die praktisch ebenso gut wirken.

Man stellt sich eine Vorratslösung von Phenosafranin 1:2000 her und fügt zu den üblichen Entwicklern auf je 100 ccm 10 ccm der Farblösung. Solche Entwickler sind ganz hellrot, so daß man in ihnen bei der Hervorrufung jede Einzelheit des Bildes bequem beobachten kann. Allerdings muß die Platte, um den Farbstoff bis in die Tiefe der Gelatineschicht aufzusaugen und dadurch unempfindlich gegen das gelbe Licht zu werden, zuerst eine Minute lang in der Entwicklerlösung gelegen haben, ehe man gelbes Licht einschalten kann. Ich benutze eine fünfkerzige Lampe, die durch eine ganz helle gelbe Scheibe (Tartrazin oder Filtergelb) abgeschlossen ist; in $1\frac{1}{2}$ m direkt darunter erfolgt die Entwicklung ohne jede Vorsicht. Man erhält auch auf den höchstempfindlichen Platten (natürlich nur, wenn diese an sich ohne „chemischen“ Schleier arbeiten) glasklare Bilder, während die Kontrollplatten im zusatzfreien Entwickler total verschleiern. Die Platten sind nach dem Entwickeln rötlich gefärbt, ähnlich wie orthochromatische Platten des Handels, doch verschwindet die Färbung beim Fixieren und Waschen leicht und vollständig.

Von besonderer Wichtigkeit und überraschend ist die Tatsache, daß auch orthochromatische und unter gewissen Vorsichtsmaßregeln auch panchromatische Platten in der beschriebenen

Weise bei gelbem Lichte entwickelt werden können, was nach dem erwähnten Amidolvorbade nicht möglich war.

• Man kann auch noch einen erheblichen Schritt weiter gehen und bei *ungeschütztem Kerzenlichte* selbst höchstempfindliche und auch *panchromatische* Platten hervorrufen, wenn man die Anfärbung mit Safranin stärker gestaltet, und zwar am besten durch Einschaltung eines *Vorbades* von Phenosafranin. Einzelheiten hierüber findet man in meinem zitierten Buche.

Das „Safraninverfahren“ hat den ungeteilten Beifall der Fachwelt gefunden, insbesondere ist es schon jetzt Tausenden von augenleidenden und rotblinden Photographen zur Wohltat geworden. Den Wissenschaftler interessiert vor allem, daß von jetzt ab auch die Verarbeitung rotempfindlicher und panchromatischer Schichten sich ebenso sicher und bequem gestaltet wie die der nur blauempfindlichen Platten. Ja, die Wirkung des Phenosafranins im Entwickler geht sogar so weit, daß es die Schleier, die bei zu starker Sensibilisierung bestimmter Plattensorten mit gewissen Isoyaninen aufzutreten pflegen und die mit einer Lichtwirkung nichts zu tun haben, zurückhält, ohne aber daß hier etwa eine ähnliche Wirkung wie die der Bromsalze vorläge, die ja auch das latente Bild zurückhalten.

Es würde nun schon in der Einleitung die Vermutung gestreift, daß man dem Geheimnis der optischen Sensibilisierung vielleicht auf dem *entgegengesetzten* Wege näherkommen könne. In der Tat scheint diese Hoffnung nicht ganz unberechtigt zu sein.

Das Wesen der Desensibilisierung besteht nach den Untersuchungen des Verfassers darin, daß die betr. Farbstoffe und auch die Oxydationsprodukte nicht nur der organischen Entwicklersubstanzen, sondern sogar auch die des Eisenoxalates, in Gegenwart des Lichtes eine *oxydative* Wirkung auf das Silber des latenten Bildes ausüben und damit auf der exponierten Platte eine „latente Verschleierung“ bei dem schwachen Lichte der gelben Glühbirne oder der Kerze verhindern. Da lag der Verdacht nahe, daß bei der optischen Sensibilisierung der Farbstoff die *reduzierende* Wirkung des Lichtes auf das Bromsilber unterstützen, d. h. wie ein *chemischer* Sensibilisator im Sinne H. W. Vogels wirken könnte. Tatsächlich konnte ich nachweisen, daß die üblichen Sensibilisatoren bei Halogensilber geringerer Korngröße auch die *Gesamtempfindlichkeit* gegen weißes und selbst blaues Licht ganz beträchtlich erhöhen. Es ist damit ein Weg vorgezeichnet, feinkörnige und dabei doch relativ hochempfindliche Schichten zu erzielen, was für viele, namentlich wissenschaftliche Zwecke bekanntlich von großer Bedeutung ist. Das bisher auf diesem Gebiete vorliegende Versuchsmaterial findet man in der soeben erschienenen zweiten Auflage meines Buches: „Kolloidchemie und

Photographie“ (Verlag von Th. Steinkopff, Dresden 1921).

In einem früheren Artikel in dieser Zeitschrift (1920, Nr. 43) führte ich aus, daß der *Röntgenstrahl* auf die photographische Platte wesentlich anders wirkt als der Lichtstrahl. Er wirkt nicht so ausschließlich an der äußersten Kornoberfläche und scheidet das Silber des latenten Bildes in feiner verteilter Form mehr im Korninnern ab. Nun ist bekannt, daß die optischen Sensibilisatoren bei der Bestrahlung mit Röntgenstrahlen überhaupt keinen erkennbaren Einfluß auf das Bromsilber und seine Entwicklung ausüben, und man könnte annehmen, daß die Desensibilisatoren sich ganz ebenso verhalten würden. Wenn dies der Fall wäre, könnte man Röntgenplatten mit Desensibilisatoren imprägniert gleich fertig in den Handel bringen. Diese könnte man dann schon bei gelbem Lichte aus der Packung entnehmen und ohne weiteres in den gewöhnlichen Entwicklern bei gelbem Lichte hervorrufen. Für die Röntgenographie würde dies eine große Erleichterung bedeuten.

Ich stellte nun schon vor längerer Zeit (Phot. Korr. 1917, S. 281) fest, daß allerdings die Empfindlichkeitsverringering des Bromsilbers infolge einer Imprägnierung mit *Amidol* ganz bedeutend geringer ist, wenn es sich um die Wirkung der Röntgenstrahlen handelt, als wenn Lichtwirkung vorliegt. Aus meinen Versuchen hatte sich ergeben, daß die Verringerung der Empfindlichkeit gegen die X-Strahlen durch *Amidol* nur den fünften bis sechsten Teil betrug, während gegenüber Licht eine Desensibilisation auf den *sechzigsten* Teil und darüber stattgefunden hatte. Die desensibilisierende Wirkung war also bei den Lichtstrahlen *zehnmal stärker* als bei den Röntgenstrahlen.

Herr Dr. E. Mauz, Assistent am Physikalischen Institut der Technischen Hochschule zu München, hatte die Liebenswürdigkeit, die Wirkung der Röntgenstrahlen gegenüber den mit *Phenosafranin* angefärbten Platten auf meine Anregung hin zu untersuchen. Es zeigte sich, daß nur in der Nähe des Schwellenwertes eine Verringerung der Empfindlichkeit um 20 bis 25% stattgefunden hatte, während die gleichen Platten bei der Bestrahlung mit gewöhnlichem Lichte einen Empfindlichkeitsunterschied von 10° Scheiner aufwiesen. Es ist also sehr wohl möglich, die Röntgenplatten ohne wesentliche Einbuße ihrer Empfindlichkeit gegen die Röntgenstrahlen soweit zu desensibilisieren, daß sie ohne weiteres ganz bei gelbem Lichte verarbeitet werden können. Praktisch würde die geringe von Mauz angegebene Empfindlichkeitsverringering auch gegen die X-Strahlen in vielen Fällen wohl nicht so sehr gegenüber der großen Bequemlichkeit in der Verarbeitung ins Gewicht fallen. Indessen werden in der röntgenologischen Praxis, besonders in neuester Zeit, die Aufnahmen in so überwiegender Mehrzahl unter Benutzung des

Verstärkungsschirmes hergestellt, dessen Wirkung natürlich durch den Desensibilisator aufgehoben wird, daß es sich nicht lohnen würde, desensibilisierte Platten auf den Markt zu bringen. Immerhin liegen aber auch für die *Entwicklung* der Röntgenogramme die Vorteile des Safraninverfahrens ebenso auf der Hand wie in der gewöhnlichen Photographie.

Besprechungen.

Bezold, Wilh. v., *Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe*, 2. Auflage. Mit 60 Figuren und 12 farbigen Tafeln. 13½ Bogen 8°. Vollständig neu bearbeitet und ergänzt von Prof. Dr. W. Seitz. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1921. Preis M. 35.—.

W. Seitz hat es unternommen, das Bezoldsche Werk, dessen erste Auflage im Jahre 1874 erschienen war, jetzt nach 45 Jahren wieder neu herauszugeben. Der Gedanke erscheint zunächst wenig glücklich, weil innerhalb dieses halben Jahrhunderts gerade die Lehre von dem Farbensehen durch die Forschungen *Herings* und seiner Schüler weitgehend gefördert worden ist. Es müßte deshalb zunächst zweckmäßiger erscheinen, ein ganz neues Werk zu schaffen. In der Tat sind auch einzelne Kapitel in der neuen Bearbeitung prinzipiell umgestaltet, während andere nur durch Zusätze erweitert worden sind. Trotzdem hat das ganze Werk durchaus seinen einheitlichen Charakter bewahrt. Die Kreise, für die das Werk ursprünglich bestimmt war, sind nach *Bezolds* eigener Angabe vor allem unter den ausübenden Künstlern und Kunstgewerblern zu suchen, denen der Verfasser die Kenntnis der Grundlagen der physikalischen und physiologischen Optik vermitteln wollte. Dementsprechend werden in den ersten beiden Kapiteln die physikalischen Bedingungen bei der Entstehung des Farbensehens entwickelt, sodann wird der Unterschied zwischen den spektralen Lichtern und den Pigmentfarben auseinandergesetzt. Das 3. Kapitel bringt die Grundtatsachen über Mischung von Spektralfarben und von Farbstoffen, sowie in Kürze die physiologischen Theorien und die Grundlagen des Farbsystems. Die Darstellung ist hier überall von durchsichtiger Klarheit. So ist stets mit großer Schärfe der physikalische, der physiologische und der psychische Anteil bei dem Zustandekommen der Farbenempfindungen hervorgehoben. Zahlreiche, zum Teil ältere, aber äußerst instructive Versuche und Beobachtungen über die Zerlegung des Lichtes, über die Beschaffenheit der Lack- und Deckfarben, über das Reflexionsvermögen verschiedener Stoffe und Gewebe werden auch dem Physiologen manche Aufklärung bringen, die er sonst nicht findet. In dem im wesentlichen neu bearbeiteten 4. Kapitel wird in der Lehre vom Kontrast eine ausführliche Darstellung der *Hering*schen Anschauungen gebracht. Im letzten Kapitel, das nach Angabe des Neubearbeiters im wesentlichen unverändert aus der ersten Auflage übernommen ist, bringt das Werk einen Abriss über die Verwendung der Farben und Farbenzusammenstellungen in der ornamentalen Kunst und in der Malerei. Es ist naturgemäß, daß hier nicht im selben Maße eine wissenschaftliche Exaktheit möglich ist, wie bei den physikalischen und physiologisch-optischen Abschnitten. Gleichwohl wird auch dem Nichtfachmann auf Grund der physiologischen Tatsachen, vor allem im Gebiete

der Kontrasterscheinungen, eine verständliche Analyse der kunstgeschichtlich vorgefundenen Farbenzusammenstellungen gegeben. Es würde zu weit führen, hier auf Einzelheiten einzugehen. Deshalb mag nur eines prinzipiellen Einwandes gedacht werden, der wohl von mancher Seite erhoben werden wird, und den auch *Bezold* im Vorwort zur ersten Auflage schon erwähnte. Er sagt: „Man begegnet nämlich häufig der Meinung, daß in den schönen Künsten hervorragende Schöpfungen beinahe ausschließlich durch angeborenes, durch vielfache Übung ausgebildetes Talent bedingt seien, während wissenschaftliche Untersuchungen über Fragen der Kunst für den wahren Genius nur wenig Wert hätten oder höchstens untergeordnete Geister solcher Mittel bedürften, um sich zu einer armseligen Leistung aufzuschwingen.“ Er widerlegt diesen Einwand allerdings selbst, indem er sogleich anfügt: „Merkwürdigerweise lehrt die Geschichte, daß diese Anschauung gerade von den bedeutendsten Künstlern nicht geteilt wurde. Die gewaltigsten Heroen der Kunst, Männer, deren Werke in jedem Zuge die Meisterhand verraten, waren aufs eifrigste bemüht, bewußtes Handeln an die Stelle rein instinktiver Tätigkeit zu setzen und den Gründen nachzuforschen, durch welche erfolgreiches Schaffen bedingt ist. Obwohl ihnen nichts ferner lag, als der Gedanke, in der Kunstfertigkeit das Ziel ihres Strebens zu erblicken, so versäumten sie doch nichts, um sich in den Besitz einer vollendeten Technik zu setzen, und zur Erreichung dieses Zieles widmeten sie sich auch mit Eifer wissenschaftlichen Studien, wohl wissend, daß nur vollkommene Herrschaft über alle äußeren Hilfsmittel der Kunst dem befreiten Geiste gestattet, unbehindert durch kleinliche Schranken einen kühnen, hohen Flug zu nehmen.“

„Es genügt, an die Namen eines *Lionardo da Vinci*, eines *Albrecht Dürer*, eines *Rafael* zu erinnern, um die Wahrheit des eben getanen Ausspruches zu beweisen.“

Wenn ein Vergleich gestattet ist, so ist es in der Malerei ähnlich wie in der Chirurgie. Der große Maler und der große Operateur werden beide geboren. Sie bedürfen aber zur höchsten Vollendung ihrer Kunst eines umfangreichen Wissens, auch hinsichtlich der Technik, welches sich allerdings bei der praktischen Ausübung meist nur unterbewußt bemerkbar macht. Dieses erweckt in beiden Fällen oft einen Anschein rein instinktiver Betätigung.

A. Brückner, Jena.

Ochs, Rudolf, Einführung in die Chemie. Ein Lehr- und Experimentierbuch. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage mit 244 Textfiguren und 1 Spektraltafel. XII, 522 S. Berlin, Julius Springer, 1921. Preis M. 48.—.

Das zahlreiche Geschlecht der populären Einführungen in die Chemie hat hier einen Sprößling gezeugt, der des großen Ahnen, *Liebigs* Chemischen Briefen, würdig ist. Die großen Schwierigkeiten, die es bereitet, Ergebnisse chemischer Forschung dem Laien gemeinverständlich darzustellen und ihn dabei in die theoretischen Grundlagen der Wissenschaft einzuführen, beruhen darin, daß das Verständnis dieser letzteren das für die Erfassung selbst der einfachsten Vorgänge unentbehrlich ist, eine große Reihe von Einzelbeobachtungen und Erfahrungen voraussetzt, die

experimentell viel leichter erworben werden können, als sie beschreibend aufgenommen werden.

Das Geheimnis einer geglückten Popularisierung liegt daher hier in erster Linie in der gewählten Systematik, die naturgemäß ganz verschieden von der streng sachlichen Anordnung rein wissenschaftlicher Lehrbücher, ohne Scheu vor Wiederholungen sowie häufiger Rück- und Vorverweisungen langsam vom Allgemeinen zum Speziellen fortschreitet und möglichst viele interessante und anregende Parallelen zieht. Es ist daher kein Zufall, daß die meisten dieser Werke in die persönlichere Form von Briefen oder, wie das vorliegende Buch, von Vorträgen gekleidet sind, die der Ungebundenheit der Disponierung einen weiten Spielraum läßt. Bereitet die damit oft verbundene Weiterschweifigkeit der Darstellung dem Fachmann auch manchmal Mißbehagen, so bleibt sie für den Laien doch verborgen und erleichtert für ihn sogar durch die Wiederholungen das Verständnis selbst verwickelter Vorgänge.

Dem Verfasser des vorliegenden Buches ist die Lösung gerade dieser Aufgabe in ungewöhnlichem Maße geglückt. In belebter, ganz von modernem physikalisch-chemischen Geiste durchdrungener Darstellung führt er seinen Schüler in 21 Experimentalvorträgen von den einfachsten Grundeigenschaften der Materie bis zu den neuesten Errungenschaften der Wissenschaft, um mit dem Bohrschen Atommodell, der Quantentheorie und der Zertrümmerung des Stickstoffatoms durch Alpha-Teilchen nach *Rutherford* zu endigen. Mit großer didaktischer Begabung wird ganz allmählich mit wachsender Schwierigkeit des Gegenstandes auch die Gedrungenheit der Darstellung gesteigert und so dem im Anfange noch naturwissenschaftlich und mathematisch „ahnungslosen“ Schüler das Verständnis der schwierigsten neuen Probleme eröffnet. Berücksichtigt ist beinahe ausschließlich die anorganische und physikalische Chemie; die organische Chemie wird nur ganz kurz gestreift.

Auf diesen ersten „Theoretischen Teil“ folgt, zwei Fünftel des Buches einnehmend, ein „Praktischer Teil“, in dem anschließend an die einzelnen Vorträge gegen 600 Versuche und Reaktionen zur eigenen Ausführung angegeben sind. Die Beschreibung der Versuche sowie der notwendigen Apparate ist eine ganz ausgezeichnete; auch auf die Gefahren der einzelnen Vorgänge ist gebührend hingewiesen. Immerhin kann der im chemischen Laboratoriumsunterricht Erfahrene die schweren Bedenken nicht verschweigen, die dagegen sprechen, Neulinge ohne geeignete persönliche Aufsicht zu eigenen chemischen Versuchen zu veranlassen. Selbst die beste schriftliche Anleitung schützt den Ungeübten, der nicht alle Möglichkeiten übersehen kann, nicht, und der einfachste Versuch birgt für ihn ungeahnte Gefahren.

Der Wert dieses ausgezeichneten Buches würde daher nur gesteigert werden, wenn der zweite Teil, der ohnedies mit dem ersten nur in losem Zusammenhange steht, gesondert erschiene, so daß nur die wohl verhältnismäßig geringe Zahl derjenigen, die praktisch chemisch arbeiten wollen und können, ihn zu beziehen braucht. Dadurch wäre auch in dieser Zeit der Teuerung der erste Teil viel weiteren Kreisen zugänglich; „ein Ziel aufs innigste zu wünschen“.

A. Rosenheim, Berlin.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 37. (Seite 729—752)

16. September 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der Atomstruktur. Von *K. Fajans, München*. S. 729.
Dressurfähigkeit der Bienen auf Spektrallinien. Von *A. Kühn und R. Pohl, Göttingen*. S. 738.
Veredelung minderwertiger Brennstoffe nach dem Madruckverfahren. Von *Heinrich Caro, Berlin*. S. 740.

Besprechungen:

Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Astronomie. Unter Redaktion von *J. Hartmann*. Von *R. Prager, Neubabelsberg*. S. 746.

Gruner, P., Leitfaden der geometrischen Optik und ihrer Anwendungen auf die optischen Instrumente. Von *Hans Boegehold, Jena*. S. 748.
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 749-751.
Das neue Zeißsche binokulare Okular. Wald und Mensch.

Astronomische Mitteilungen:

Messungen der Farben, Helligkeiten und Durchmesser der Fixsterne mit Anwendung der Planckschen Strahlungsgleichung. S. 751—752.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“

Soeben erschienen:

Band III:

Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen

Elementar dargestellt

Von

Max Born

Zweite, umgearbeitete Auflage

Mit 133 Textabbildungen. (XII, 262 S.)

Preis M. 39.—; gebunden M. 52.—

Vorzugspreis für Bezieher der „Naturwissenschaften“ M. 35.—; geb. M. 48.—

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

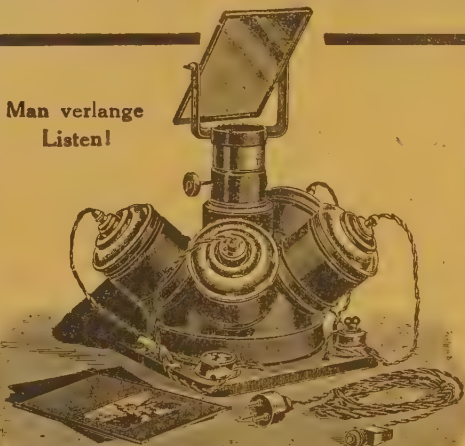
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6950-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Atomionen chemischer Elemente und ihre Kanalstrahlenspektren

Von

Dr. J. Stark

Professor der Physik an der Technischen Hochschule Aachen

Mit 11 Figuren im Text und auf einer Tafel. (43 S.). 1913

Preis M. 1.60 (und Teuerungszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Von der 2. Auflage von IV
Chwolson, Lehrbuch der Physik

liegt fertig vor:

Band I, Abt. I: Mechanik und Meßmethoden
Gebunden 34.55 Mk.

Abt. II: Lehre von den gasförmigen,
flüssigen u. festen Körpern
Gebunden 38.40 Mk.

Band II, Abt. I: Lehre vom Schall
Gebunden 23.— Mk.

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75 (225)

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 236 an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten. (286)

Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der Atomstruktur.

Von K. Fajans, München.

1. Einleitung.

Die großen Fortschritte, die in den letzten Jahren die experimentelle und theoretische Erforschung der Kristallstruktur und des Atombaus erzielt hat, erlauben das Problem der Salzlösungen von einem neuen Gesichtspunkt aus anzusehen. Bekanntlich hat *Svante Arrhenius* im Jahre 1887 die Theorie aufgestellt, daß in Lösungen die elektrisch neutralen Salz-molekeln bis zu einem gewissen Grade in Ionen, d. h. in elektrisch geladene Atome bzw. Atomgruppen, zerfallen. Diesem Gedanken, an dessen Richtigkeit heute ein ernster Zweifel nicht bestehen kann, standen Jahre hindurch nicht wenige Chemiker mit großer Abneigung gegenüber. Vielleicht hat dazu u. a. auch der Umstand beigetragen, daß die Arrheniussche Ionentheorie den

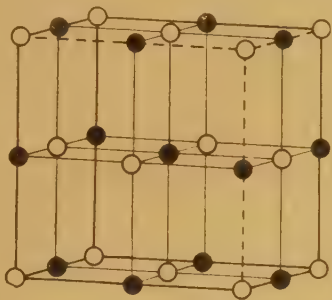


Fig. 1. Ionengitter der Alkalihalogenide.

Lösungen eine ganz singuläre Stellung zuzuweisen schien: weder bei Gasen, deren Zustand man ja genau kannte, war unter gewöhnlichen Bedingungen in den ersten Jahren nach der Aufstellung der Dissoziationshypothese irgendeine Andeutung für einen Zerfall der Molekeln in Ionen bekannt, noch haben die Chemiker etwas derartiges für die festen Salze vermutet, deren geringe Flüchtigkeit eher auf einen hohen Grad der Polymerisation, d. h. Vereinigung mehrerer Molekeln zu noch größeren Individuen als auf eine Dissoziation in kleinere Teile hinzuweisen schien.

Heute ist die Sachlage eine ganz andere. Einerseits wissen wir, daß in vielen festen Salzen, wie das z. B. für Lithiumfluorid *P. Debye* und *P. Scherrer* auf röntgenometrischem Wege überzeugend dargetan haben, keine Molekeln existieren, sondern daß die einzelnen Punkte des

Kristallgitters (vgl. Fig. 1) abwechselnd von positiven (Li^+) und negativen (F^-) Ionen eingenommen werden. Andererseits ist es möglich, auch Gasmolekeln z. B. durch Bombardierung mit genügend schnellen Elektronen — eine Methode, um deren Ausbildung sich besonders *J. Franck* und *G. Hertz* verdient gemacht haben, in Gas-*ionen* zu spalten. Auf diesem Wege haben kürzlich *P. D. Foote* und *F. L. Mohler* (1)¹⁾ gasförmigen Chlorwasserstoff in die freien Gas-*ionen* H^+ und Cl^- zerlegt und gezeigt, daß dafür eine Energiezufuhr von 323 kcal²⁾ pro Mol (36,46 g) HCl nötig ist.

Nun ist natürlich der Zustand der freien Ionen leichter zu übersehen als der bis vor kurzem allein bekannte der Lösung-ionen: so ist es möglich gewesen, über die Größe einer Anzahl freier Atomionen und über die Energieänderung bei deren Auflösen in Wasser — über die Hydratationswärme der Ionen — bestimmte Aufklärungen zu erhalten. Dadurch ist aber sowohl der Zustand der Ionen in Lösung als auch die Natur des Lösungs- und Ionisierungsvorganges bei Salzen dem Verständnis näher gebracht worden. Über diese Ergebnisse soll die folgende Darstellung orientieren. Sie stellt zum Teil einen Bericht über einige frühere Publikationen vor (2, 3), in der Hauptsache bringt sie aber einen Auszug aus neuen Resultaten, deren ausführlichere Veröffentlichung mit dem ausgedehnten, als Grundlage dienenden Zahlenmaterial etwas später an anderen Stellen erfolgen wird.

2. Ionengröße.

Zum Verständnis des Weges, auf dem die in Tab. 2 zusammengestellten Ionenradien der Alkalihalogenide gewonnen wurden, sei zunächst die Tab. 1 betrachtet, die einen Ausschnitt aus einer von *Kossel* (4) stammenden Modifikation der Tabelle des periodischen Systems der Elemente vorstellt. Ein Halogen (VII. Gruppe) einerseits, ein Alkalimetall (I. Gruppe) andererseits umgeben jeweils ein Edelgas (0 Gruppe), z. B. Cl (17) und K (19) das Argon (18). Im neutralen

¹⁾ Die Nummern beziehen sich auf die am Schluß des Aufsatzes genannten Literaturstellen. Von diesen sei besonders auf die in den „Naturwissenschaften“ 1919 und 1920 erschienenen zusammenfassenden Aufsätze von *W. Kossel* (4) und von *M. Born* (5) hingewiesen, deren Inhalt hier zum Teil als bekannt vorausgesetzt wird.

²⁾ Unter kcal wird die Kilogrammkalorie verstanden.

Tabelle 1.

Ausschnitt aus dem periodischen System³⁾.

VI	VII	0	I	II	III	IV
-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
		He	Li	Be		
		2	3	4		
O	F	Ne	Na	Mg	Al	
8	9	10	11	12	13	
S	Cl	A	K	Ca	Sc	Ti
16	17	18	19	20	21	22
Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr
34	35	36	37	38	39	40
Te	J	X	Cs	Ba	La	Ce
52	53	54	55	56	57	58
Po	—	Em	—	Ra	Ac	Th
84	85	86	87	88	89	90

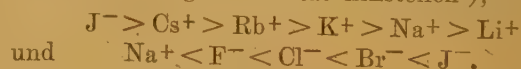
Tabelle 2.

Ionenradien in 10^{-8} cm.

Alkali- ionen	k	Halogen- ionen	a	$a:k$
Na	0,517	F	0,75	1,45
K	0,794	Cl	0,953	1,20
Rb	0,914	Br	1,021	1,12
Cs	(1,07)	J	1,122	(1,05)

Zustande weist das Halogenatom um ein Elektron weniger, das Alkaliatom um ein Elektron mehr auf als das benachbarte Edelgasatom, wie das aus den angegebenen Kernladungen (Ordnungszahlen) unmittelbar hervorgeht. Nun entsteht aber das positive K^+ -Ion aus dem K-Atom durch Abgabe eines Elektrons, das negative Cl^- -Ion aus dem Cl-Atom durch Aufnahme eines Elektrons, so daß das K^+ - und Cl^- -Ion beide die gleiche Zahl (18) von Elektronen besitzen wie das benachbarte Edelgas. Nach den Vorstellungen, die W. Kossel (4) in Deutschland, G. N. Lewis und J. Langmuir (6) in Amerika entwickelt haben, weisen die Elektronenschalen des K^+ , A, Cl^- auch eine ähnliche Struktur, d. h. eine ähnliche räumliche Anordnung ihrer Elektronen auf⁴⁾. So sind die Ionenradien der Tab. 2 gemeinsam mit K. F. Herzfeld (3) unter der Voraussetzung berechnet worden, daß in den aufgezählten Alkali- und Halogenionen acht der äußersten Elektronen die Ecken eines Würfels einnehmen, und zwar sollen die Zahlen der Tabelle den Radien der diesen Würfeln umschriebenen Kugeln entsprechen. Diese von den genannten amerikanischen Forschern viel benutzte Vorstellung der Würfelatome, die von M. Born (5) und A. Landé unabhängig aufgestellt und tiefer physikalisch begründet wurde, kann allerdings nach den neuesten Ergebnissen von N. Bohr (7) nicht genau⁵⁾ der Wirklichkeit entsprechen; deshalb können auch die Zahlen der Tab. 2, die auf Grund dieser Vorstellung aus den Abständen zwi-

schen den Ionenmittelpunkten in den Kristallgittern der Alkalihalogenide berechnet wurden, keinen Anspruch darauf machen, als Lösung des Problems angesehen zu werden. Wenn wir sie trotzdem hier benutzen, so liegt das darin, daß sie die Abstufung der Ionengrößen in dieser Ionengruppe, und darauf wird es uns hier allein ankommen, richtig wiedergeben dürften, wie sich aus folgendem ergibt: Wie auch die Beschaffenheit der Ionenoberflächen im einzelnen sein mag, muß die unter der höheren positiven Kernladung stehende Edelgasschale der Alkaliionen stärker zusammengezogen werden, als die ähnlich gebaute Schale der benachbarten Halogenionen, es muß also z. B. gelten $Cl^- > K^+$. Die Differenz von zwei Einheiten in der Kernladung wird sich dabei um so weniger bemerkbar machen, je höher die Kernladung an sich ist, so daß J^- (53) und Cs^+ (55) sich in der Größe viel weniger unterscheiden müssen als F^- (9) und Na^+ (11). Dieser Forderung genügen die Zahlen der Tab. 2 vollkommen: man ersieht aus der letzten Spalte, daß das Verhältnis der Radien $a:k$ der einander entsprechenden Anionen und Kationen mit steigender Kernladung fällt. Weiterhin findet sich die auf Grund der Volumenverhältnisse der Elemente und ihrer Verbindungen immer für selbstverständlich gehaltene Annahme, daß die Radien der gleichartigen Ionen mit steigendem Atomgewicht (Kernladung) steigen (also vom Na zum Cs und von F zu J) durch die Tab. 2 auch bestätigt. Wir können somit als ein für das folgende besonders wichtiges Resultat hinstellen⁶⁾,



In einer Hinsicht noch geben die Zahlen der Tabelle 2⁷⁾ wichtigen Aufschluß. Man hat sich bis jetzt der Einfachheit halber die Ionen im Gitter oder in Molekeln meistens als undurch-

³⁾ Die römischen Zahlen der ersten Zeile bedeuten die Gruppen des Systems, die zweite Zeile gibt die Ladung der Ionen an, die Zahlen unter den Symbolen der Elemente sind die Ordnungszahlen und die ihnen gleichen Kernladungen der Atome.

⁴⁾ Dasselbe gilt für alle Ionen, die in Tab. 1 in derselben Horizontalreihe stehen.

⁵⁾ Die Angabe Bohrs, daß die Außenschalen aller Edelgase 8 Elektronen enthalten, zeigt aber, daß, wie bei der Rechnung angenommen wurde, diese Zahl auch für die Außenschalen aller Ionen der Tab. 2 maßgebend ist. So erklärt sich wohl, weshalb die Werte der Tabelle untereinander vergleichbar sind.

⁶⁾ Es sei noch daran erinnert, daß das gasförmige Wasserstoffion, der freie Kern des Wasserstoffatoms als punktförmig angesehen werden darf.

⁷⁾ H. Grimm (3) hat die zur Ermittlung der Zahlen der Tab. 2 führende Rechenmethode auf kristallisierte Verbindungen der zweiwertigen Ionen Mg^{++} , Ca^{++} , Sr^{++} , Ba^{++} , O^{--} , S^{--} , Se^{--} , Te^{--} angewandt; auch seine Ergebnisse sind untereinander und mit den Zahlen der Tab. 2 vergleichbar. So fällt z. B. in Übereinstimmung mit den soeben mitgeteilten Überlegungen in der Reihe der Ionen mit gleicher Struktur (sie stehen in Tab. 1 jeweils in der gleichen Horizontalreihe) der Ionenradius mit steigender Kernladung.

dringliche sich berührende Kugeln gedacht, d. h. angenommen, daß die äußeren Elektronenhüllen nahe aneinander stoßen. Demgegenüber finden wir, daß, während der experimentell bestimmte Abstand der Mittelpunkte zweier nächstbenachbarter Na^+ - und Cl^- -Ionen in dem in Fig. 1 abgebildeten Kochsalzgitter $2,816 \times 10^{-8}$ cm ist, die Summe der Radien der beiden Ionen sich aus Tab. 2 zu $0,517 + 0,953 = 1,470 \times 10^{-8}$ ergibt, was nur etwas mehr als die Hälfte jenes Abstandes⁸⁾ ausmacht. Auch in diesem Punkt wollen wir weiterhin nicht auf die genauen quantitativen, mit erheblicher Unsicherheit behafteten Verhältnisse Wert legen, sondern nur auf das qualitative Resultat, wonach die Lage der Ionen im Kristall erheblich von der einer dichten Packung von Kugeln entfernt ist, ein Ergebnis, zu dem H. Schwendenwein (3) durch ähnliche Rechnungen unter Zugrundelegung eines etwas modifizierten Ionenmodells und A. Landé (3) auf einem ganz anderen Wege ebenfalls gelangt sind.

3. Ionengröße und Löslichkeit.

Mit diesen Kenntnissen der Abstufung der Größe der Ionen ausgerüstet, wollen wir die Löslichkeit der Alkalihalogenide betrachten. Die Pfeile in der Tab. 3, die die Richtung steigender Löslichkeit angeben, lassen als besonders bemerk-

Tabelle 3.

Löslichkeit⁹⁾ der wasserfreien¹⁰⁾ Salze in Mol Salz pro 1000 g H_2O bei 0°C .

	F	Cl	Br	J	ClO_3
Li	0,1 ¹¹⁾ →	(27,1)			34,7 ¹¹⁾
Na	↓	↑		↑	
	1,0 →	6,1 →	10,9 →	17,9 →	7,7
K		↑	↑	↑	
	←	3,85 →	4,43 →	7,60	0,27
Rb		↓	↓	↑	
	←	6,37 ←	5,70 →	6,24	0,15
Cs	↙	↑	↑	↑	
	←	9,85	?	1,48	

kenswert vier Minima der Löslichkeit erkennen: in der Reihe der Kaliumsalze beim Chlorid, in der Reihe der Rubidiumsalze beim Bromid, in der Reihe der Chloride und Bromide beim Kalium-

⁸⁾ Im Sinne der Bornschen Kristallgittertheorie (5) ist das so zu deuten, daß die zwischen den entgegengesetzten Überschußladungen der Ionen herrschenden Anziehungskräfte, die für das Zusammentreten der Ionen zum Kristallgitter in erster Linie verantwortlich sind, in dem angegebenen Abstand gerade im Gleichgewicht stehen mit den abstoßenden Kräften zwischen den in beiden Ionen gleichgeladenen Elektronenhüllen einerseits und den positiven Kernen andererseits.

⁹⁾ Die Pfeile zeigen die Richtung steigender Löslichkeit.

¹⁰⁾ Bei LiBr , LiJ , KF , RbF , CsF ist die Löslichkeit nur für Hydrate bekannt, doch ließ sich daraus auch für die wasserfreien Salze die durch die Pfeile ange deutete Abstufung der Löslichkeit beurteilen.

¹¹⁾ Bei 18°C .

salz. Den Inhalt der ganzen Tabelle könnte man zu folgender Regel zusammenzufassen versuchen:

Bei den Alkalihalogeniden weist die Löslichkeit in einer Reihe von Salzen mit demselben Kation (Anion) und verschiedenen Anionen (Kationen) ein Minimum auf, wenn Kation und Anion ungefähr gleich groß sind, und steigt mit steigender Differenz der Ionenradien.

Doch läßt sich diese Regel nicht streng in der Tab. 3 durchführen. Zwei Ausnahmen machen sich besonders bemerkbar: einerseits müßte, da $\text{Br}^- > \text{Rb}^+$ ist, das Minimum in der Reihe der Bromide nach Rubidium, also frühestens zwischen diesem und Cäsium liegen, während es tatsächlich bei Kalium liegt. Andererseits sollte in der Reihe der Fluoride ein Minimum nach Natrium zum Vorschein kommen, wovon jedoch nichts zu bemerken ist¹²⁾.

Der Versuch, diese Gesetzmäßigkeit auf andere Salze als die Alkalihalogenide auszudehnen, zeigte denn auch sofort, daß die Größe der beteiligten Ionen nicht der einzige für die Löslichkeit maßgebende Faktor ist, sondern daß daneben von ausschlaggebender Bedeutung auch die Ladung und Struktur der Ionen sind¹³⁾.

Von dem Zusammenwirken dieser drei Faktoren hängt nun die Stärke dessen ab, was wir als die Wirkung der Ionen auf das Wasser oder, um einen zuerst von H. Freundlich gebrauchten Ausdruck zu benutzen, als hydrophile Wirkung der Ionen bezeichnen wollen. Die relative hydrophile Wirkung der Ionen eines Salzes ist nun ihrerseits für dessen Löslichkeit von großer Bedeutung.

4. Hydratationswärme der Ionen.

Es gibt eine große Zahl von Tatsachen, deren Gesamtgewicht überzeugend für die Auffassung spricht, daß zwischen einem Lösungsmittel und den darin gelösten Ionen eine nähere Wechselwirkung besteht¹⁴⁾.

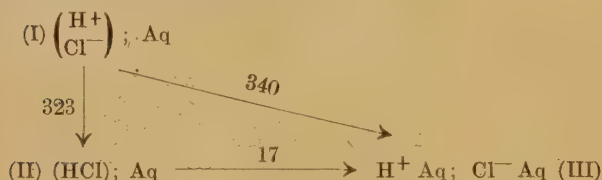
In der in der Einleitung erwähnten Hydratationswärme (Lösungswärme) gasförmiger Ionen finden wir nun ein quantitatives energetisches

¹²⁾ Es sei hier erwähnt, daß F. Ephraim (9), dem seine umfassenden Studien über Komplexbildung und eine primitive geometrische Vorstellung als Ausgangspunkt gedient haben, schon vor Jahresfrist darauf hingewiesen hat (bei meiner ersten kurzen Mitteilung (8) über diesen Gegenstand habe ich das leider übersehen), daß die Löslichkeit von Salzen von der relativen Größe ihrer Ionen abzuhängen scheint. Die folgenden Ausführungen werden zeigen, in welchen Fällen eine solche Regel, die ja, wie aus obigem folgt, bereits in dem einfachsten Fall der Alkalihalogenide keine genaue Geltung hat, sich als praktischer Führer bewähren kann.

¹³⁾ Nur weil die letzten zwei Faktoren bei den Ionen der Alkalihalogenide (bis auf das Li -Ion) konstant sind, ergeben sich die relativ einfachen Verhältnisse der Tab. 3.

¹⁴⁾ Man hat dafür einen einfachen chemischen Ausdruck in der Annahme gefunden, daß die Ionen in wässrigen Lösungen hydratisiert sind, d. h. sich mit dem Wasser zu mehr oder minder definierten chemischen Verbindungen vereinigen.

Maß dieser hydrophilen Wirkung der Ionen. Für die Ermittlung der Hydratationswärmen ist es jetzt am besten, von der in der Einleitung erwähnten Zahl 323 kcal für die Ionisierungsarbeit des HCl auszugehen: diese ermöglicht es, die Wärmetönung anzugeben, die beim Auflösen gasförmiger H^+ -Ionen und Cl^- -Ionen (Zustand I) in sehr viel Wasser unter Bildung einer verdünnten vollkommen ionisierten Salzsäurelösung (III) frei wird. Man denke sich dazu diesen Übergang von I zu III auf dem Umwege über gasförmigen, undissoziierten Chlorwasserstoff (II) erfolgen. Bei dessen Bildung aus den Gasionen werden ja nach Foote und Mohler 323 kcal frei.



Man weiß aber aus direkten kalorimetrischen Versuchen, daß beim Auflösen von gasförmigem HCl in viel Wasser, wobei ebenfalls der Zustand III entsteht, 17-kcal entwickelt werden. Also muß nach dem Gesetz der Erhaltung der Energie bei direktem Übergang von I zu III die Summe dieser beiden Wärmetönungen, d. h. 340 kcal, frei werden. Bezeichnet man die Lösungswärme (Hydratationswärme) der Gasionen mit W, so kann man somit schreiben

$$W_{Cl^-} + W_{H^+} = 340 \text{ kcal.} \quad (1)$$

Andererseits läßt sich, und zwar ebenfalls auf hypothesenfreiem Wege, ermitteln, wie groß die Differenzen zwischen der Hydratationswärme des H^+ und verschiedener Kationen ist. Von den auf diesem Wege gemeinsam mit K. Sachtleben für eine Anzahl ein- und zweiwertiger Kationen ermittelten Resultaten seien hier in Tab. 4 die relativen Werte für Alkaliionen und das H^+ angegeben, wobei die Hydratationswärme des K-Ions zunächst willkürlich gleich Null gesetzt wird.

Tabelle 4.

H^+	Li^+	Na^+	K^+	Rb^+	Cs^+
170	(36)	16	0	-6	-10 kcal.

Aus dieser Tabelle kann man also ablesen, daß die Hydratationswärme des H^+ um 170 kcal größer, die des Cs^+ um 10 kcal kleiner ist als die des K^+ . Man kann nun diese Differenzwerte auch auf einem anderen, mehr theoretischen Wege gewinnen, indem man von der zuerst von Born eingeführten Größe, der Gitterenergie (5) der Alkalihalogenide ausgeht, d. h. der Energie, die bei der Bildung des Kristallgitters aus unendlich entfernten freien gasförmigen Ionen gewonnen werden kann. Die befriedigende Übereinstimmung der auf beiden Wegen erhaltenen Resultate spricht für die Brauchbarkeit der Bornschen Theorie für derartige Berechnungen, und man wird deshalb den entsprechenden Differenz-

werten der Hydratationswärme der Halogenionen, deren Ermittlung zurzeit nur auf dem theoretischen Wege möglich ist, ein gewisses Vertrauen entgegenbringen dürfen. Auch in der diesbezüglichen Tab. 5 ist wiederum willkürlich die Hydratationswärme des Cl^- -Ions gleich Null gesetzt¹⁵⁾.

Tabelle 5.

F^-	Cl^-	Br^-	I^-
41	0	-9	-20 kcal.

Ein Blick auf die Tab. 4, 5 und 2 zeigt, daß innerhalb der beiden Ionengruppen die Hydratationswärme mit fallendem Ionenradius steigt. Es entspricht jedoch einer bestimmten Differenz oder einem bestimmten Verhältnis der Ionenradien eine wesentlich größere Differenz der Hydratationswärme bei den Anionen als bei den Kationen. So gilt nach Tab. 2 in bezug auf Ionen-größe $(I^- - F^-) < (Cs^+ - Na^+)$. Trotzdem ist der Unterschied in der Hydratationswärme zwischen F^- und I^- (61 kcal) viel größer als der zwischen Na^+ und Cs^+ (26 kcal). Diese Resultate im Zusammenhang mit den Verhältnissen der Tab. 3 legten die Hypothese nahe, daß derjenige Faktor, der für die Löslichkeit maßgebend ist, nicht die relative Ionengröße, sondern die relative Hydratationswärme der Ionen des betreffenden Salzes ist, und daß die Regel gelten könne: Bei Alkalihalogeniden weist bei verschiedenen Salzen desselben Kations (Anions) die Löslichkeit bei gleicher Hydratationswärme des Anions und Kations ein Minimum auf und wächst mit steigender Differenz der Hydratationswärmen. Ist diese Regel richtig, so müßte es gelingen, mit Hilfe der Löslichkeitstabelle 3, der Gl. (1) und Tab. 4 und 5 die Hydratationswärmen der einzelnen Ionen zu finden. In der Tat gelangt man durch die Annahme, daß $W_{K^+} = 82$ und $W_{Cl^-} = 88$ kcal ist, zu Werten der Tab. 6, die mit dem soeben genannten Satz qualitativ im besten Einklang stehen¹⁶⁾; die Ausnahmen, die wir unter Zugrundelegung der relativen Ionengröße als den für die Löslichkeit maßgebenden Faktor fanden, verschwinden vollkommen. So ist das Verhalten der Fluoride nicht mehr anormal, da die Hydratationswärme des F^- viel größer als die des Na^+

¹⁵⁾ Aus Gl. (1) und Tab. 4 und 5 kann man auch die Summe der Hydratationswärmen zweier entgegengesetzt geladener Ionen erhalten, und man findet z. B. $W_{K^+} + W_{Cl^-} = 170$ kcal. Die Werte für die einzelnen Ionen bleiben aber zunächst unbestimmt.

¹⁶⁾ Die Berechnung der Absolutwerte der Hydratationswärme einzelner Ionen wurde schon früher auf einem anderen (2) von Born verbesserten Wege versucht, wobei aber keine ganz sicheren Resultate erzielt werden konnten. Ob es mehr als ein Zufall ist, daß der so für W_{K^+} erhaltene Wert 80 kcal mit dem der Tab. 6 fast vollkommen übereinstimmt, wird erst die weitere Forschung zeigen können. Sehr weit von der Wahrheit dürften aber die Werte der Tab. 6 nicht entfernt sein; zurzeit ist allerdings deren Ableitung, wie aus obigem hervorgeht, nicht hypothesenfrei.

und sogar als die des Li^+ ist, obwohl das F-Ion diese Kationen an Größe wesentlich übertrifft.

Tabelle 6.

Hydratationswärme der Gasionen in kcal/Grammion.

Na^+	98	F^-	129
K^+	82	Cl^-	88
Rb^+	76	Br^-	79
Cs^+	72	J^-	68

Nimmt man nun die Werte der Tab. 6 als richtig an, so kann man auch die Absolutwerte der Hydratationswärme einiger zweiwertiger Ionen erhalten. So wurde mit *K. Sachtleben* gefunden:

$W_{\text{Mg}^{++}} - 2 W_{\text{K}^+} = 303 \text{ kcal}$; ist also $W_{\text{K}^+} = 82$ so resultiert $W_{\text{Mg}^{++}} = 467 \text{ kcal}$ und für das größere Ca^{++} ein um etwa 100 kcal kleinerer Wert. Vergleicht man die Hydratationswärme von Ionen mit gleicher Struktur der äußeren Schale und ungefähr gleicher Größe, so folgt, daß die *doppelt geladenen Ionen eine etwa viermal größere Hydratationswärme haben als die einfach geladenen*.

5. Elektrostatische Deutung der Hydratationswärme.

Dieses Steigen der *Hydratationswärme* mit fallender Größe und steigender Ladung der Ionen zeigt bündig, daß sie *das energetische Resultat einer elektrostatischen Wirkung der Ionen auf das Wasser* vorstellt, wie sich aus folgender qualitativen¹⁷⁾ Betrachtung ergibt. Aus seiner Grundannahme, daß die „chemische Wirkung“ der Ionen elektrostatisch zu deuten ist, hat *Kossel* folgendes geschlossen, wobei er die Ionen als undurchdringliche Kugeln von bestimmter Größe, in deren Mittelpunkt sich die Ladung befindet, betrachtete: Die elektrische Arbeit, die bei der Annäherung zweier solcher entgegengesetzt geladener Ionen geleistet wird und als Wärme nach außen abgegeben werden kann, ist natürlich um so größer, je größer die Ladung der Ionen ist; sie wächst aber auch mit dem Grad der Annäherung der Ladungen aneinander, d. h. mit fallendem Radius der Kugeln, der ja die kleinstmögliche Annäherung der zentralen Ladungen bestimmt.

Obwohl, wie wir am Schluß des Abschnittes 2 gesehen haben, die Ionen durchaus nicht bis zur unmittelbaren Berührung ihrer äußersten Elektronenhüllen aneinander kommen, erweist sich die von *Kossel* geforderte Abhängigkeit der Arbeit von der Größe der Ionen, wie die Theorie und die Tatsachen zeigen, als richtig. So ist denn auch die Energie, die bei der Bildung von 1 Mol kristallisiertem NaCl (Abstand zwischen Ionenmittelpunkten in Fig. 1 $r = 2,816 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$)

¹⁷⁾ Auf den Versuch von *Born* (2), die elektrostatische Deutung der Hydratationswärme auch in quantitativer Hinsicht zu stützen, kann hier nur hingewiesen werden.

aus gasförmigen Ionen resultiert (die Bornsche Gitterenergie) um etwa 11 kcal größer als die entsprechende Energie bei KCl ($r = 3,140 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$), weil das Na-Ion kleiner ist als das K-Ion.

Nun fragt es sich, wie die elektrostatische Wirkung der Ionen, und zwar beider Vorzeichen auf ein nach außen elektrisch neutrales Gebilde, wie es die Wassermolekeln sind, möglich ist. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß in den aus einem Sauerstoff- und zwei Wasserstoffatomen bestehenden Wassermolekeln die Elektronen der H-Atome in einem sehr nahen Kontakt zum Sauerstoffatom stehen und dieses in ein doppelt geladenes Ion verwandeln, dem die zwei Wasserstoffkerne zur Seite stehen. Andererseits haben nach *P. Debye* (10) die Wassermolekeln Eigenschaften von *Dipolen*, d. h. von Gebilden, die aus zwei in einem bestimmten Abstand befindlichen, dem Vorzeichen nach entgegengesetzten punktförmigen Ladungen bestehen, und *Born* (10) hat bereits diesen Dipolcharakter als Grundlage einer

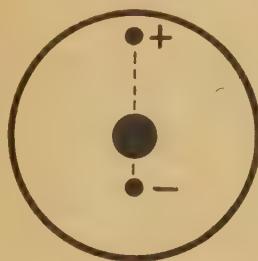


Fig. 2. Dipolcharakter der Wassermolekeln (Schema).

Theorie der Ionenbeweglichkeit benutzt. Diese Eigenschaften der Wassermolekeln kann man für die erste Orientierung durch das Bild Fig. 2 veranschaulichen, das nach Diskussionen mit Herrn *K. F. Herzfeld* entworfen wurde¹⁸⁾.

Im neutralen flüssigen Wasser werden diese Dipole infolge der thermischen Bewegung alle möglichen Orientierungen haben; nähert man aber dem Wasser ein Gasion, so werden unter dem Einfluß seines elektrischen Feldes die Dipole orientiert (d. h. die Wassermolekeln *polarisiert*), indem sie dem Ion die entgegengesetzten Pole zukehren, die gleichnamigen vom Ion abwenden. Die dadurch zustande kommende anziehende Wirkung auf das Ion bewirkt, daß dieses in das Wasser hineingezogen, d. h. aufgelöst wird, wobei die anziehenden Kräfte Arbeit zu leisten haben einerseits gegen die Kohäsionskräfte zwischen den auseinander gehenden Wassermolekeln, andererseits gegen die abstoßenden Kräfte zwischen den äußeren negativen Hüllen des Ions und

¹⁸⁾ Der äußere Kreis deutet die Lage der äußeren Elektrizitätsladungen (der 8 Elektronen des O^{--} -Ions) und der zwei Wasserstoffkerne an; im Zentrum befindet sich eine diese äußere überschüssige negative Aufladung neutralisierende positive Ladung, den Dipol wollen wir uns um diese Kernladung angeordnet denken. Weshalb seine Lage nicht symmetrisch gezeichnet wurde, wird sich aus dem Folgenden (Anm. 21) noch ergeben.

der Wassermolekeln. Der Überschuß der bei der Polarisation des Wassers und der Annäherung an das Ion geleisteten über die verbrauchte Arbeit kommt als Hydratationswärme zum Vorschein.

Die Fig. 3 deutet nun den Zustand einer sehr verdünnten Salzlösung in unmittelbarer Nähe eines Ions an. Um diesen Zustand besser zu verstehen, müssen wir noch einer Erscheinung gedenken, die bei den später zu erwähnenden Schlüssen eine wichtige Rolle gespielt hat: wir meinen die kontrahierende Wirkung, welche aufgelöste Ionen auf das umgebende Wasser ausüben, die sog. *Elektrostriktion*, die zuerst von P. Drude und W. Nernst (1894) (12) auf die



Fig. 3. Polarisation des Wassers durch ein Ion.

elektrische Ladung der Ionen zurückgeführt wurde.

6. Volumen der Ionen in Lösung.

Beim Auflösen von 1 Mol Soda (Na_2CO_3), das in festem Zustande das Volumen 42,8 ccm einnimmt, in 100 000 ccm Wasser resultiert eine Lösung, die 99994 ccm einnimmt, d. h. nicht nur weniger als die Summe der Volumina deren Bestandteile, sondern sogar weniger als das darin enthaltene Wasser. Die daraus zu ersiehende zusammenziehende Wirkung auf das Wasser ist an der Hand der Fig. 3 leicht zu verstehen. Es läßt sich zeigen, daß, wenn die Ionen in einem Kochsalzkristall so weit auseinander liegen, wie wir das im Abschnitt 2 gesehen haben, auch im flüssigen Wasser die Molekeln durch beträchtliche Zwischenräume¹⁹⁾ getrennt sein müssen. Unter der starken anziehenden Wirkung eines in Wasser aufgelösten Ions wird nun nicht nur der Abstand zwischen dem Ion und den dieses unmittelbar umgebenden

Wassermolekeln kleiner werden als zwischen zwei Molekeln im reinen Wasser, sondern auch die weiter entfernten Wasserpationen werden, wie die Fig. 3 andeutet, eine wenn auch mit steigender Entfernung abnehmende Zusammenziehung erleiden. Denn auch die polarisierende Wirkung des Ions wird sich mit abnehmender Intensität auch auf entferntere Molekeln erstrecken.

Der in mehrfacher Hinsicht lehrreiche Vergleich der *kontrahierenden Wirkung* verschiedener Ionen wurde mir wesentlich erleichtert durch eine von Fr. E. Thierbach ausgeführte Zusammenstellung der Daten betreffend das scheinbare Volumen der Salze in Lösung²⁰⁾. Es zeigte sich, daß die Stärke dieser Wirkung weitgehend parallel der Hydratationswärme der Ionen verläuft: nicht nur ist die Elektrostriktion, wie bereits Drude und Nernst gefordert haben und G. v. Hevesy konstatiert hat, bei doppelt geladenen Ionen wesentlich stärker als bei einwertigen, sondern es findet sich auch der bei Besprechung der Hydratationswärmen hervorgehobene Unterschied in der hydrophilen Wirkung der negativen Halogenionen einerseits und der positiven Alkaliionen andererseits wieder: so ergibt sich, daß das F^- , obwohl es in Gasform wesentlich größer als Na^+ ist, in Lösung einen erheblich kleineren Raum als dieses beansprucht, d. h. viel stärker das Wasser zusammenzieht. Dem entspricht auch, daß die Hydratationswärme des F^- viel größer als die des Na^+ ist²¹⁾.

Dieser Parallelismus²²⁾ ist deshalb wichtig, weil man umgekehrt aus der Raumbeanspruchung und kontrahierenden Wirkung der Ionen in Lösung auch in den zahlreichen Fällen Schlüsse über deren hydrophile Wirkung ziehen kann, wo die Hydratationswärme noch unbekannt ist. Es ergibt sich dabei u. a., daß auch bei zusammengesetzten Ionen im großen und ganzen die hydrophile Wirkung um so stärker ist, je kleiner das Ion und je größer seine Ladung ist, wenn auch besondere Einflüsse der Struktur der Ionen (Zahl der Elek-

²⁰⁾ In der eben betrachteten Sodalösung ist das scheinbare Volumen des Salzes negativ und beträgt — 6 ccm.

²¹⁾ Für eine Dissymmetrie in der Wirkung der positiven und negativen Ionen auf das Wasser haben auch R. Lorenz und M. Born (10) auf ganz anderem Wege Andeutungen erhalten. Die asymmetrische Lage des Dipols in Fig. 2 versucht dieser Polarität Rechnung zu tragen.

²²⁾ Im scheinbaren Widerspruch zu diesem Parallelismus steht das Verhalten des H^+ -Ions. Obwohl im Gaszustand punktförmig, nimmt es in wässriger Lösung ein deutlich größeres Volumen als das Na^+ ein, die kontrahierende Wirkung des H^+ ist also wesentlich schwächer als die des Na^+ . Trotzdem ist die Hydratationswärme des H^+ um 154 kcal größer als die des Na^+ . Wie an anderer Stelle näher begründet wird, folgt daraus, daß das H^+ -Ion in Lösung nicht einen von polarisierten Wassermolekeln symmetrisch umgebenen Punkt vorstellt, sondern als H_3O^+ existiert. Seine hohe Hydratationswärme ist zum großen Teil als die Bildungswärme dieses komplexen Ions zu deuten.

¹⁹⁾ Von der Erscheinung der Bildung von Doppel-molekeln in Wasser wollen wir der Einfachheit halber absehen.

tronen in der äußeren Schale bei Atomionen²³), Zusammensetzung bei komplexen Ionen) unverkennbar sind. Hier seien nur einige Anionen in der Reihenfolge ihrer hydrophilen Wirkung aufgezählt:



7. Löslichkeit und hydrophile Wirkung.

An der Hand der Resultate des letzten Abschnittes wollen wir jetzt durch einige wenige Beispiele den Satz illustrieren, daß, ähnlich wie bei den Alkalihalogeniden, die Löslichkeit auch vieler anderer Salze mit der relativen Stärke der hydrophilen Wirkung der beteiligten Ionen zusammenhängt. Auf Grund der Tab. 3 kann man die Halogenionen in drei Gruppen einteilen: 1. bei den Salzen des F^- , das stärker hydrophil als alle Alkaliionen ist, steigt die Löslichkeit mit steigendem Ionenradius (von Li bis Cs), also mit fallender hydrophiler Wirkung des Kations; 2. bei den mittelstark hydrophilen Cl^- und Br^- zeigte sich ein Minimum; 3. bei dem J^- , das schwächer hydrophil als die Kationen ist, fällt die Löslichkeit mit steigendem Radius des Alkaliions.

Man kann nun bei Betrachtung der Löslichkeit der übrigen Alkalisalze alle anderen Anionen in diese drei Gruppen einordnen, und dabei zeigt sich folgendes: wie das F^- verhält sich auch das sehr stark hydrophile CO_3^{--} ; wie Cl^- und Br^- u. a. das mittelstarke SO_4^{--} ; wie J^- die meisten großen einwertigen (z. B. ClO_3^-)²⁴ und die sehr großen zweiwertigen ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{--}$, PtCl_6^{--}), also die relativ zu den Alkaliionen schwach hydrophilen Anionen.

Geht man jetzt von den Salzen der Alkaliionen zu denen der zweiwertigen, also stärker hydrophilen Erdalkaliionen (Mg — Ba) über, so verschiebt sich die Einordnung der Anionen in die drei Gruppen: hier zeigen Fluoride und Carbonate ein Minimum der Löslichkeit (bei Ca bzw. Sr) wie bei den Alkaliionen etwa die Chloride und Sulfate, während bei den Sulfaten bereits eine mit steigendem Ionenradius des Kations (von Mg bis Ba) fallende Löslichkeit zu beobachten ist, wie früher etwa bei den Jodiden. Schließlich fällt bei den vierwertigen, also besonders stark hydrophilen Kationen des Ti, Zr, Ce und Th die Löslichkeit bereits beim Fluorid sehr stark in der

angegebenen Reihenfolge, die die der steigenden Ionenradien, also abnehmender hydrophilen Wirkung ist. Es verhält sich somit das Fluorion gegen die zweiwertigen Metallionen so, wie das Chlorion oder Bromion gegen die einwertigen und gegen die vierwertigen bereits so, wie das Jodion gegen die einwertigen. Der Zusammenhang aller dieser Regelmäßigkeiten der Löslichkeit mit der relativen Stärke der hydrophilen Wirkung der Ionen ist unverkennbar.

8. Löslichkeit, Ionisation und Komplexbildung.

Die in den vorhergehenden Abschnitten behandelten, die Löslichkeit betreffenden Gesetzmäßigkeiten stehen im engsten Zusammenhang mit der die Grundanschauungen der Ionentheorie berührenden Frage nach der Natur der „dissoziierenden Kraft“ der Lösungsmittel. Zwar rechnete man gewöhnlich zu den Wirkungen dieser „Kraft“ in erster Linie die Dissoziation von gelösten Molekeln in die Ionen. Nach den heutigen Ansichten ist aber der Prozeß der Dissoziation etwa einer NaCl -Molekel dem Prozeß der Auflösung vom kristallisierten NaCl -Salz weitgehend analog. Denn beide bestehen aus Ionen (vgl. Fig. 1), und in beiden Fällen handelt es sich darum, den durch die elektrostatischen Anziehungskräfte bewirkten Zusammenhalt dieser Ionen zu lösen. Der Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen ist denn auch lange geläufig und wurde von P. Walden (11) besonders überzeugend dargetan. Er untersuchte einerseits das Lösungsvermögen, andererseits das Ionisationsvermögen einer Reihe von Lösungsmitteln gegenüber einem bestimmten Elektrolyten. Der Parallelismus war vollkommen, und zwar wachsen beide Größen mit steigender Dielektrizitätskonstante des Lösungsmittels²⁵).

Daß auch die Fähigkeit eines Salzes, sich mit Wasser zu kristallisierten Hydraten (Komplexsalzen) zu vereinigen, im allgemeinen mit der Löslichkeit des anhydriischen Salzes steigt, kann ebenfalls an der Hand der Tab. 3 gezeigt werden. Entsprechend der Zunahme der Löslichkeit der Fluoride vom Li zum Cs kennt man zwar beim KF , RbF und CsF , nicht aber bei den schwerlöslicheren LiF und NaF Hydrate. Nun steigt ja in der Reihe der Jodide die Löslichkeit umgekehrt vom Cs zu Li, und hier findet man auch, daß zwar das Li- und Na-Salz, nicht aber KJ , RbJ , CsJ Hydrate bilden.

Das Gebiet der Salzhydrate berührt sich unmittelbar mit dem der Komplexsalze, die Ammo-

²³) Den Einfluß der Struktur der äußersten Elektronenschale auf die elektrostatische Wirkung der Ionen in Kristallen hat neuerdings H. Grimm (3) eingehend diskutiert.

²⁴) Die Werte für die Chlorate sind am Rande der Tab. 3 eingesetzt. Sie sind nur in bezug auf die Abstufung der Löslichkeit (sie fällt vom Li bis Rb) mit den Werten der Halogenide vergleichbar, während die Absolutwerte aus der Tabelle herausfallen. Nur mit Ionen gleicher Struktur (BrO_3^- , JO_3^-) läßt sich das ClO_3^- zu einer der Tab. 3 analogen Tabelle vereinigen. Der große Einfluß der Struktur der Ionen auf die Löslichkeit macht sich u. a. auch bei den Salzen des Silberions bemerkbar; worauf hier aber nicht näher eingegangen werden kann.

²⁵) In diesem Zusammenhange sei erwähnt, daß die in Tab. 3 zum Vorschein kommenden Gesetzmäßigkeiten nicht auf wässrige Lösungen beschränkt sind. Dieselbe Abstufung der Löslichkeit der Alkalihalogenide gilt auch, soweit das vorliegende experimentelle Material reicht, für Methyl-, Äthyl-, Propyl-, Isoamylalkohol, für Aceton, Furfurol, Acetonitril und Propionitril. Dies ist sehr bemerkenswert, wenn man bedenkt, daß die absoluten Beträge der Löslichkeit in diesen Lösungsmitteln in weiten Grenzen variieren. So ist die des KCl in Isoamylalkohol 1000mal kleiner als in Wasser.

niak und ähnliche Substanzen angelagert enthalten. Über die Stabilität dieser Komplexsalze in Abhängigkeit von der Art des Kations und Anions des Salzes liegen umfangreiche Untersuchungen von *F. Ephraim* und *W. Biltz* (9) und deren Mitarbeitern vor. Und in der Tat erinnern die oben besprochenen Gesetzmäßigkeiten der Löslichkeit sehr an die von diesen Autoren bei der Komplexbildung beobachteten. Die im nächsten Abschnitt zu ziehenden theoretischen Schlüsse werden sich deshalb wohl als geeignet erweisen, um auch das Gebiet der Ammoniakkomplexe zu beleuchten.

9. Über die Natur des Lösungs- und Ionisierungsvorganges.

In der Frage nach der Natur des Lösungs- und Ionisierungsvorganges war bis jetzt nur der im vorigen Abschnitt erwähnte Zusammenhang zwischen dem Dissoziierungsvermögen verschiedener Lösungsmittel und deren Dielektrizitätskonstante verständlich, und zwar auf Grund der folgenden von *W. Nernst* (1893) (12) stammenden Überlegung: Die Angabe, daß die Dielektrizitätskonstante des Wassers gleich 80 ist, besagt ja nichts anderes, als daß zwei Ladungen im Wasser sich 80mal schwächer anziehen als im Vakuum. Sind also die Ionen einmal da, so werden sie sich in Wasser schwächer anziehen und deshalb in kleinerem Betrag zu undissoziierten Molekeln zusammentreten als in Medien mit kleinerer Dielektrizitätskonstante. Weshalb aber die Ionen überhaupt auseinander gehen, worin die „dissoziierende Kraft“ besteht, blieb bei dieser Überlegung zunächst unerklärt. Vermutungsweise hat *Nernst* geäußert, daß den Wärmeschwingungen der Bestandteile des Moleküls die Rolle dieser Kraft zukommen könnte, eine Idee, die neuerdings *Kossel* in seiner bekannten Abhandlung folgendermaßen näher zu begründen versucht hat.

Bei gewöhnlicher Temperatur reicht die Energie der Wärmeschwingungen bei weitem nicht aus, um die starken elektrostatischen Kräfte zu überwinden, die die Ionen in einer dampfförmigen Salz-molekel zusammenhalten. Im Wasser müßte aber diese Trennungsarbeit 80mal kleiner sein als im Vakuum und wäre dann in der Tat von derselben Größenordnung wie die Schwingungsenergie. Dasselbe müßte natürlich auch für den Lösungsvorgang gelten, denn auch hier hätte das Lösungsmittel nur die Rolle eines indifferenten Mediums zu übernehmen, das entsprechend seiner Dielektrizitätskonstante die Arbeit, die die Wärmeschwingungen gegen die Gitterenergie zu leisten haben, vermindert. Die Abhängigkeit der Löslichkeit von dieser Konstante wäre somit verständlich.

Nun führt aber diese Überlegung zu folgender Konsequenz: Die durch den Wärmeinhalt gemessene Schwingungsenergie ist bei gewöhnlicher Temperatur bei NaCl um etwa 200 cal kleiner als bei KCl (Wärmeaufnahme zwischen 0° abs. und 300° abs. 2534 cal/Mol gegen 2728 cal/Mol). Da

außerdem die zu überwindende Gitterenergie bei NaCl um etwa 11 000 cal größer ist als bei KCl, so wäre zu erwarten, daß das KCl leichter löslich ist als NaCl, während in Wirklichkeit das umgekehrte zutrifft. Weiterhin müßten auf Grund der Annahme, daß die Wärmeschwingungen der eigentliche treibende Faktor bei Dissoziation oder Auflösung sind, diese Vorgänge stets mit Wärmeverbrauch stattfinden, was zwar für viele, aber durchaus nicht für alle Fälle gilt. Den Kern der Frage trifft somit diese Annahme nicht.

Kossel (4) hat zur Erklärung der Ionisation noch einen anderen Weg beschritten, auf dem die Wechselwirkung zwischen den Ionen der Elektrolyte und dem Wasser herangezogen wurde. So wird die starke Dissoziation etwa des HCl in Wasser folgendermaßen gedeutet: der H-Kern wird von Cl^- abgetrennt, um an das O^{--} -Ion des Wassers angelagert zu werden. Wegen der doppelten Ladung des O^{--} soll die Anlagerungsarbeit größer sein als die Abtrennungsarbeit, das ganze wird somit unter Energiegewinn, d. h. freiwillig verlaufen. Nun kennen wir aber jetzt die betreffenden Energiebeträge: die Ionisierungsarbeit des HCl ist ja 323 kcal, während die ganze Hydrationswärme des H-Ions nach Tab. 4 und 6 nur 252 kcal beträgt, also nicht größer, sondern viel kleiner als jene ist. Daß trotzdem eine Ionisation des HCl in Wasser eintritt, erklärt sich dadurch, daß nicht nur die Wechselwirkung des H^+ , sondern auch die des Cl^- -Ions mit dem Wasser von ausschlaggebender Bedeutung ist, und in der Tat überwiegt die Summe der Hydrationswärmen beider Ionen (340 kcal) die Ionisierungsarbeit des HCl um 17 kcal.

Ähnlich verhält es sich mit der Erklärung der Abstufung des Säurecharakters bei verschiedenen Stoffen. Sie ist nicht bündig, weil auch bei ihr nur die Abtrennungsarbeit des H^+ vom Anion berücksichtigt worden ist, nicht aber die Hydrationsenergie des zurückbleibenden Anions.

Schließlich sei noch die verlockende Deutung erwähnt, die *Kossel* für die verschiedenen Grade der Einwirkung der Salze auf das Wasser gegeben hat. Auch dabei wurde nur die Wirkung des positiven Ions des Salzes auf das Wasser in Betracht gezogen. Je stärker die elektrostatische Wirkung des Kations, d. h. je höher geladen und je kleiner es ist, um so entschiedener wird das entgegengesetzt geladene Sauerstoffion des Wassers angezogen, das gleichnamige Wasserstoffion abgestoßen: man durchschreitet so alle Stufen der Einwirkung auf das Wasser, beginnend mit Hygroskopizität der Salze, über Hydratbildung im festen Zustande, Hydrolyse in Lösungen bis zur Bildung von sauerstoffhaltigen Anionen.

Diese Auffassung stimmt gut damit überein, daß Lithiumjodid Hydrate bildet und außerordentlich leicht löslich ist, Cäsiumjodid dagegen nicht; im entschiedenen Widerspruch mit ihr steht aber die Tatsache, daß das Lithiumfluorid ein schwerlösliches, anhydri-sches Salz ist, wäh-

rend Kaliumfluorid Hydrate bildet, deren Löslichkeit hundertmal die des Lithiumfluorids übersteigt und Cäsiumfluorid bereits nach Zugabe von 2 Molen Wasser schmilzt.

Alle diese Tatsachen machen es vor allem notwendig, bei der Wechselwirkung der Salze mit dem Wasser nicht nur die Einwirkung des Kations, sondern auch die des Anions zu berücksichtigen. Man findet auch hier verschiedene Stufen der Einwirkung, wie wir das bereits bei Betrachtung der Hydratationswärme und der Elektrostriktion gesehen haben und wie sich auch aus den Erscheinungen der Hydrolyse der Salze schwacher Säuren ergibt. Es leuchtet deshalb ein, daß in manchen festen Hydraten das Wasser nicht, wie das meistens der Fall ist, an das Kation, sondern an das Anion angelagert werden kann, und es hat A. Werner (13) die Tatsache, daß z. B. ZnCl_2 mit $6 \text{ H}_2\text{O}$, ZnSO_4 dagegen mit $7 \text{ H}_2\text{O}$ kristallisiert, so gedeutet, daß im letzteren die überschüssige Wassermolekel an das Anion (SO_4^{--}) angelagert wird. Es wird aber das bereits stark hydrophile Sulfation in dieser Hinsicht vom Fluorion noch wesentlich übertroffen, und es kann deshalb nicht zweifelhaft sein, daß in den Hydraten der Fluoride von K, Rb, Cs nicht das Kation, sondern das Fluorion den Kern des Komplexes bildet.

Wir können uns nun folgendes Bild von den Erscheinungen der Löslichkeit, Ionisation und Komplexbildung machen. Kommt Wasser in Berührung mit einer Salzmolekel oder einem Kristall, so wirken beide Ionen des Salzes auf das Wasser ein. Im Sinne der Kosselschen elektrostatischen Auffassung nehmen wir an, daß diese Wirkung im allgemeinen um so stärker sein wird, je stärkere Ladung die Ionen tragen und je kleiner sie sind. Sie hängt aber auch wesentlich noch vom dritten, die Ionen charakterisierenden Faktor, von deren Struktur ab. Als Resultat der Einwirkung der Ionen auf das Wasser kann dieses entweder in den Kristall unter Bildung eines festen Hydrats aufgenommen werden, oder es tritt soviel Wasser hinzu, daß eine Lösung entsteht, in der die Ionen unabhängig voneinander frei beweglich sind. In beiden Fällen müssen die Ionen mehr oder minder auseinandergeschoben werden, was unter Energieverbrauch stattfindet. Diese Energie wird nun durch die Anlagerung des sich zwischen die Ionen einschleibenden Wassers, also durch die Hydratation der Ionen geliefert. Die Leichtigkeit, mit der das Ganze stattfindet, wächst aber nicht, wie man annehmen könnte, mit steigender hydrophilen Wirkung beider Ionen, sondern bei einer großen Gruppe von Salzen mit dem Unterschied in dieser Wirkung. Die Ionen scheinen also um das Wasser zu konkurrieren²⁶⁾, und sie gehen um so

leichter auseinander, je entschiedener das Wasser an eines der beiden Ionen angelagert wird. (Vgl. die extrem großen Löslichkeiten bei CsF und LiJ .)

Diese Formulierung ist natürlich nur als eine Umschreibung der Tatsachen anzusehen. Fragt man nach einer tieferen physikalischen Erklärung, so muß man zu einer thermodynamischen Betrachtung greifen. Nach dem Nernstschen Theorem hängt die Lage des Lösungsgleichgewichtes von drei Arten von Größen ab: der Lösungswärme, den spezifischen Wärmen der beteiligten Stoffe und den chemischen Konstanten der Lösungslösungen. Eine einfache Überlegung zeigt, daß die merkwürdigen durch Tab. 3 wiedergegebenen Verhältnisse ihr ungefähres Spiegelbild in einem ähnlichen Verlauf der Lösungswärmen finden müssen.

Nun ist aber die Lösungswärme die Resultante zweier Wärmeeffekte: der Energie, die zur Trennung der Ionen aufgebraucht werden muß (Ionisierungsarbeit, Gitterenergie) und der Wärme, die bei der Hydratation der Ionen zu erhalten ist. Für eine vollkommene Aufklärung der beschriebenen Gesetzmäßigkeiten wird es also in erster Linie nötig sein zu ergründen, wie einerseits diese Trennungsarbeit, andererseits die Hydratationswärme von der Ladung, Größe und Struktur der Ionen abhängt, und zwar wird dafür ein hoher Genauigkeitsgrad der Theorie erforderlich sein, denn es ist z. B. die Lösungswärme des KCl (-4 kcal) eine ganz kleine Differenz von zwei großen Wärmemengen: der Gitterenergie (174 kcal) und der Summe der Hydratationswärmen beider Ionen (170 kcal).

Es sei noch erwähnt, daß für die behandelten Probleme durchaus nicht nur die in den früheren Kapiteln ausschließlich angegebene Hydratationswärme (Lösungswärme) der Ionen bei Bildung unendlich verdünnter Lösungen von Interesse ist, sondern auch die bei der Bildung konzentrierter Lösungen auftretende. Der Zusammenhang zwischen beiden ist eindeutig durch die Verdünnungswärmen hergestellt, d. h. durch Wärmetönungen, die beim Verdünnen einer konzentrierteren Lösung durch Hinzufügen von mehr Lösungsmittel auftreten. Auch diese Größe läßt sich nun von einem neuen Standpunkt aus betrachten:

Wenn z. B. zu einer Lösung, die ein Mol ZnCl_2 auf 200 Mol H_2O enthält, weitere 200 Mol Wasser hinzugefügt werden, so beobachtet man eine Wärmeentwicklung von $0,39 \text{ kcal}$. Da die mit dem Verdünnen eintretende Vergrößerung des Ionenabstandes jedenfalls mit einem Energieverbrauch verbunden ist, der ganze Wärmeeffekt jedoch positiv ist, so bedeutet das, daß die Ver-

als der der Chloride. Die stark hydrophilen Anionen entziehen also den Kationen das Wasser und das macht sich z. B. beim Vergleich von BeCl_2 und BeSO_4 noch in Lösungen bemerkbar, die 500 Mol H_2O auf 1 Mol Salz enthalten.

²⁶⁾ Daß eine Konkurrenz der Ionen um das Wasser stattfindet, davon zeugt u. a. auch die Tatsache, daß der Hydrolysegrad der Sulfate und erst recht der Fluoride eines schwach basischen Kations kleiner ist

mehrung der Wassermenge noch eine weitere Hydratation der Ionen bedingt, d. h. es ist die *Hydratation beim Vorhandensein von 200 Mol H_2O auf ein Mol $ZnCl_2$ noch nicht vollständig*.

Daraus läßt sich schließen, daß die Hydratation in Lösung nicht als Bildung von Hydraten bestimmter stöchiometrischer Zusammensetzung aufzufassen ist; vielmehr beruht sie, wie im Abschnitt 5 geschildert wurde, auf Polarisierung aller umgebenden Wassermolekeln und deren Anziehung; letztere macht sich übrigens durch die Kontraktion des hinzutretenden Wassers noch bei sehr hohen Verdünnungen bemerkbar. Trotzdem kann es nach den obigen Ausführungen keinem Zweifel unterliegen, daß, wie es Werner (13) besonders klar ausgesprochen hat, der *Ionisations- und Lösungsvorgang* in ähnlichem Sinne als chemischer Vorgang aufzufassen ist, wie etwa der Vorgang der Bildung eines festen Hydrats oder anderer Komplexsalze. Alle diese Vorgänge haben das gemeinsam, daß ihre treibende Kraft, ihr Energie liefernder Teilprozeß, die Hydratation oder allgemeiner *Solvatation* der Ionen ist, mit der immer das Energie verbrauchende Auseinanderschleichen der Ionen gekoppelt ist. Je nach dem Grad dieses Auseinanderschlebens und der Hydratation sind einerseits feste Solvate, andererseits alle Übergänge zwischen einer gesättigten und einer unendlich verdünnten Lösung möglich.

Zum Schluß kann hier nur andeutungsweise erwähnt werden, daß der Zusammenhang des Ionisations- und Lösungsvorganges mit der Dielektrizitätskonstante auch auf Grund der dargelegten Auffassung qualitativ ohne weiteres verständlich ist. Denn die Dielektrizitätskonstante eines Mediums hängt eindeutig zusammen mit der Fähigkeit seiner Molekeln, auf die eine oder andere Weise polarisiert und angezogen zu werden. In einem Medium von der Dielektrizitätskonstante 1 (Vakuum) ist die Solvationswärme gleich 0, hier kann eine Ionisation nur auf Kosten der Wärmeschwingungen erfolgen.

Literatur.

1. P. D. Foote u. F. L. Mohler, Journ. Am. Chem. Soc. 42, 1832 (1920).
2. K. Fajans, Verh. d. D. Phys. Ges. 21, 549, 709, 714 (1919); M. Born, ebenda S. 679; F. Haber, ebenda S. 750; M. Born, Zs. f. Physik 1, 45 (1920); K. Fajans u. K. Sachtleben, Zs. f. Elektrochemie 1921.
3. K. Fajans, H. Grimm und K. F. Herzfeld, Zs. f. Physik 2, 299, 309 (1920); H. Schwendenwein, ebenda 4, 73 (1921); A. Landé, ebenda 2, 380 (1920); R. Lorenz, ebenda 2, 175 (1920); H. Grimm, Zs. f. physik. Chem. 98, 370 (1921).
4. W. Kossel, Ann. d. Phys. 49, 229 (1916); Naturwissenschaften 7, 339, 360 (1919). Sonderdruck: Valenzkräfte und Röntgenspektren, Verlag Springer 1921.
5. M. Born, Naturwissenschaften 7, 136 (1919); 8, 213, 373 (1920); Sonderdruck: Der Aufbau der Materie, Verlag Springer, 1920.
6. G. N. Lewis, Journ. Am. Chem. Soc. 38, 762 (1916); J. Langmuir, ebenda 41, 868 (1919).
7. N. Bohr, Nature 107, 104 (1921).

8. K. Fajans u. K. v. Beckerath, Zs. f. physik. Chem. 97, 484 (1921).
9. F. Ephraim, Ber. d. D. Chem. Ges., zahlreiche Arbeiten seit 1912. Die Löslichkeit betreffend: 53, 548 (1920); 54, 379—406, 965 (1921); W. Biltz, Zahlreiche Arbeiten in der Zs. f. anorg. u. allgem. Chemie, z. B. 114, 174 (1920).
10. P. Debye, Physik. Zs. 13, 97, 1912; M. Born, Zs. f. Physik 1, 247 (1920); R. Lorenz, Zs. f. Elektrochem. 26, 224, 426 (1920).
11. P. Walden, Zs. f. physik. Chem. 55, 707 (1906).
12. W. Nernst, Theoretische Chemie, 8.—10. Aufl., S. 432, 448 (1921).
13. A. Werner, Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, 4. Aufl., S. 209 (1920); Zs. f. anorg. Chemie 3, 296 (1893).

Dressurfähigkeit der Bienen auf Spektrallinien.

Von A. Kühn und R. Pohl, Göttingen.

Bienen lassen sich auf gewisse Pigmentpapiere dressieren. Sie unterscheiden zweifellos qualitativ die Blau- und Purpurpigmente Nr. 12 bis 15



Fig. 1.

der Heringsschen Skala von den Gelbpigmenten Nr. 3 bis 6; ferner unterscheiden sie diese Pigmente von sämtlichen Papieren einer Grauleiter (v. Frisch). Auch sind die Pigmentpapiere geeignet, durch den Nachweis des simultanen Kontrastes den Farbensinn der Bienen sicherzustellen (Kühn). Zur näheren Untersuchung des Farbensinnes reichen die Pigmente nicht aus, da sie stets Wellenlängen eines breiten Spektralbereiches reflektieren und dabei die verschiedenen Wellenlängen in sehr verschiedenem Maße. Wir hielten es daher für notwendig, die Dressur der Bienen auf physikalisch-monochromatisches Licht, d. h. Licht einzelner Spektrallinien durchzuführen. Wir benutzen die Linien des Quecksilberspektrums, um die Versuche gleich ins ultraviolette Gebiet ausdehnen zu können.

Wir gewöhnten Bienen daran, in ein Zimmer zu fliegen, in dem ein Hg-Spektrum¹⁾ auf eine horizontale Tischplatte entworfen und auf dieser beliebig gedreht und verschoben werden konnte.



Fig. 2.

Für das menschliche Auge erscheinen die Linien bei 578 $\mu\mu$ (gelb), 546 $\mu\mu$ (grün) und 436 $\mu\mu$ (blau) in großer Helligkeit; 405 $\mu\mu$ (violett) war deutlich, 492 $\mu\mu$ (blaugrün) noch merklich bei dem

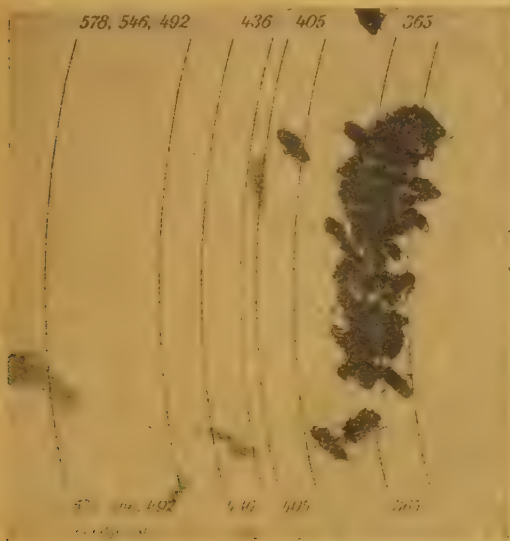


Fig. 3.

im Zimmer herrschenden Tageslicht zu sehen. Die Linie 365 $\mu\mu$ (ultraviolett) war bei geringerer Zimmerhelligkeit auf der den Tisch überziehenden weißen Papierfläche durch eine eben erkennbare bläuliche Helligkeit wahrzunehmen. Wir lassen es dahingestellt, wieweit es sich hier um

¹⁾ Spaltweite 2,3 mm; bei Fig. 1 ein Gelbflintprisma, bei Fig. 2 u. 3 ein Schwerflintprisma.

eine schwache Fluoreszenz oder um das „Sehen von Lavendelgrau“ handelte.

Bei der *Dressur* wurden zunächst alle Linien abgeblendet bis auf eine, auf der Futter (Zuckerwasser) in einem schmalen langen Porzellantrog (Verbrennungsschiffchen) geboten wurde. Dabei wurde der Ort des Lichtstreifens (Spektrallinie) häufig gewechselt, um eine Gewöhnung an be-



Fig. 4.

stimmte Stellen des Versuchstisches zu vermeiden. Bei der *Dressurprüfung* ohne Futter wurde ein neues Papierblatt untergelegt und die Dressurwellenlänge in der Reihe der übrigen Spektrallinien dargeboten. Die Dressurergebnisse waren nach einer Dressur von einigen Stunden stets konstant.

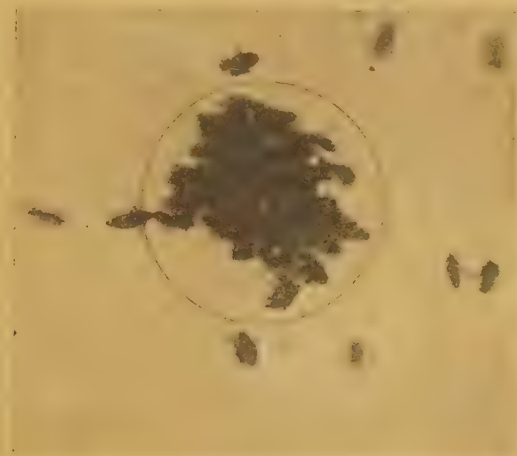


Fig. 5.

Nach Dressur auf 578 $\mu\mu$ (gelb) sammelten sich die Bienen regelmäßig auf diesem Streifen an (Fig. 1)²⁾. Wurde diese Linie abgeblendet, so

²⁾ Für die Aufnahme wurde auf den Tisch ein Papierblatt gelegt, auf dem die Umrisse der Wellenlängen und ihre Größen in $\mu\mu$ eingezeichnet waren. Zur Beleuchtung diente unmittelbar vor Auslösung des photographischen Momentverschlusses freigegebenes Bogenlampenlicht.

fielen sie in angenähert gleichem Maße auf 546 μ (grün) ein. Kurzwelligere Spektrallinien wurden nicht besucht. Variieren der Helligkeit innerhalb weiter Grenzen ändert hieran nichts.

Nach Fütterung auf 436 μ (blau) entstanden hier dichte Anhäufungen der Bienen (Fig. 2). 405 μ (violett) wirkte nach Abdecken von 436 μ ebenso stark. Nach Ausschaltung von 436 und 405 kam es auch noch zu einem entschiedenen Anflug auf die ultraviolette Linie 365 μ . Der langwellige Bezirk wird nach Dressur auf 436 μ völlig gemieden. Dasselbe Ergebnis hatte Dressur auf 405 μ . *Die Wellenlängen des Spektralbereiches ca. 400—440 μ einerseits und ca. 540 bis 580 μ andererseits werden also durch das Bienenauge voneinander unterschieden.*

Der Anflug auf die ultraviolette Linie 365 μ nach Dressur auf 436 oder 405 (blau bzw. violett) konnte auf der Wirkung eines sehr schwachen bläulichen Fluoreszenzlichtes beruhen oder auch darauf, daß die Erregbarkeit des Bienenauges über das für uns sichtbare Spektrum hinausreicht. Weitere Versuche hatten das wichtige Ergebnis, daß das Bienenauge für 365 μ , also Ultraviolett, eine besondere spezifische Empfindlichkeit besitzt.

Wurde auf 365 μ dressiert, so flogen die Bienen im ganzen Hg-Spektrum nur 365 μ an (Fig. 3). Auch nach Abblendung dieser Wellenlänge erwiesen sich 436 μ (blau) und 405 μ (violett) wirkungslos. Ohne Bienenbesuch blieben aber auch Felder mit *spektral unzerlegtem* Licht einer Kohlebogenlampe, die zur Kontrolle auf dem Versuchstisch entworfen wurden (Fig. 4). Sofort aber wurden solche Felder stark angefliegen (Fig. 5), wenn in den Strahlengang ein Ultraviolettfilter³⁾ eingeschaltet wurde, das alle Wellenlängen größer als 400 μ abschnitt, also deren störenden, weißverhüllenden Einfluß ausschaltete⁴⁾. *Wellen in der Umgebung von 365 μ (ultraviolett) werden somit von spektral unzerlegtem Licht sowie von dem Spektralbereich ca. 400—440 μ und auch von dem Bereich ca. 540—580 μ qualitativ unterschieden.*

Mit dem Nachweis einer spezifischen Empfindlichkeit des Bienenauges für $\lambda = 365 \mu$ gehen die Dressurversuche im Linienspektrum über das mit Pigmenten Erreichte hinaus.

Weitere Versuche zeigten, daß auch die Linie 492 μ (blaugrün) von den übrigen Linien des Hg-Spektrums und von spektral unzerlegtem Licht unterschieden wird. Zunächst wurden die Bienen mit einem lichtstarken Streifen aus einem

kontinuierlichen Spektrum zwischen 480 μ und 500 μ dressiert. Die Prüfung mit dem Hg-Spektrum ergab dann eine Ansammlung der Bienen auf der für unser Auge sehr lichtschwachen blaugrünen Hg-Linie 492 μ , die bei den Dressuren auf alle anderen Wellenlängen stets frei geblieben war. Um die Unterscheidung des Spektralgebiets 480—500 μ von unzerlegtem Lichte zu prüfen, wurde statt oder neben dem „blaugrünen“ ein „weißer“ Lichtstreifen von gleicher Größe geboten. Die Bienen ließen ihn unbeachtet, auch wenn seine Helligkeit in weiten Grenzen verändert wurde; sie sammelten sich stets nur auf dem blaugrünen Streifen (480—500 μ). Diesem Spektralgebiet entspricht für das menschliche Auge ungefähr das Heringsche Papier Nr. 10. Bei den Versuchen v. Frischs konnten die Bienen dies Pigment nicht von Graupapieren unterscheiden. Die Erklärung scheint uns einfach zu sein: Wir haben das Pigment Nr. 10 lichtelektrisch photometriert; es reflektiert von 492 μ bis 365 μ abwärts in steigendem Maße. Dadurch muß für das Bienenauge eine starke Weißverhüllung zustande kommen.

Auf die Wirksamkeit anderer Spektrallinien, insbesondere oberhalb von 600 μ und unterhalb 365 μ , werden wir in der ausführlichen Mitteilung unserer Versuche eingehen.

Veredelung minderwertiger Brennstoffe nach dem Madruckverfahren.

Von Heinrich Caro, Berlin.

Die vor kurzem in München veranstaltete Ausstellung für Wasserkraft und Energiewirtschaft weist u. a. auf die deutschen Torfmoore als eine außerordentlich wichtige Energiequelle hin, die viel zu wenig der Industrie dienstbar gemacht worden war; weil alle Versuche, diesen minderwertigen Brennstoff zu veredeln, bis in die Neuzeit keine oder nur sehr geringe Erfolge gezeitigt und nur Enttäuschungen hervorgerufen haben. Die Münchener Ausstellung eröffnet nun eine neue Perspektive durch die Herausgabe des umfangreichen, wissenschaftlichen Untersuchungsmaterials des Verfahrens der *Gesellschaft für maschinelle Druckentwässerung in Urdingen am Niederrhein*, des sog. *Madruckverfahrens*, das eine Lösung des Problems, Torf auf maschinellem Weg von seinem gewaltigen Wasserballast zu befreien, bedeutet, und damit der so schwer unter dem Brennstoffmangel leidenden deutschen Volkswirtschaft neue und gewaltige Quellen erschließt.

Welche enormen Energiemengen in den deutschen Torfmooren schlummern, beweisen die Angaben von Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Dr. Fleischer; danach wird der Flächeninhalt der deutschen Moore auf ca. 2 509 600 ha geschätzt, von denen allein die Hochmoore mit einer mittleren Mächtigkeit von 4 m ca. 1 066 100 ha oder 42,6 Milliarden Kubikmeter Rohortorf von etwa

³⁾ Blauviolettglas, Kupfersulfat und Nitrosodimethylanilin; Nickelkohlenlampe.

⁴⁾ Die Benutzung des ultraviolettdurchlässigen Filters gibt einen höchst anschaulichen Demonstrationsversuch: Das ultraviolette Licht wird durch Schwenken eines totalreflektierenden Prismas auf Geratewohl auf die Tischplatte geworfen. Dann markiert sich die unsichtbare Auftreffstelle des Lichtes durch die Anhäufung der auf Ultraviolett dressierten Bienen mindestens ebenso schnell, wie wir sie durch Absuchen mit einem Bariumplatincyanyrschirm herausfinden.

95 % Feuchtigkeitsgehalt aufweisen, die 10^{16} kcal enthalten und damit 1,5 Milliarden Tonnen guter Steinkohle oder 3,6 Milliarden Tonnen Braunkohle gleichkommen. Die hieraus erzeugbare Wärmemenge beträgt etwa 15 800 Milliarden PSst oder 11 600 Milliarden Kilowattstunden, die nach Dr.-Ing. *Philippi* mit Einrechnung aller Verluste in Dampfturbinenkraftwerken 2,05 Millionen Kilowatt 100 Jahre lang ununterbrochen erzeugen können.

Daß man diese riesigen Energien nicht industriell nutzbar machen konnte, liegt in dem schwierigen Charakter des Torfes, der einen Wasserballast von etwa 90 % trägt, und der primitiven Methode, die bis jetzt zum Entwässern des Torfes angewandt wurde — der *Lufttrocknung*. Der Torf wurde gestochen oder mittels Maschinen gehoben, und die Veredelung, d. h. die Wasserabspaltung, dem Wind und der Sonne überlassen. Aber Wind und Sonne sind unzuverlässige Mitarbeiter, und wenn, wie im vorigen Jahr, Niederschläge die nur etwa 100 Tage betragende Trocknungszeit verkürzen, ist Arbeit und Geld umsonst geopfert worden, und die Torfwerke werden dem Ruin entgegengetrieben. Man muß daher die Torfgewinnung unabhängig von der Witterung und Saison gestalten, und das kann nur dadurch geschehen, daß dem Torf der Wasserballast durch mechanische Abpressung entzogen wird. Aber dies läßt sich nur ermöglichen, wenn vorher der kolloidale Charakter des Torfes beeinflußt bzw. zerstört worden ist.

Zersetzter Rohtorf ist als eine *kolloidale Lösung* anzusprechen, in dem sich neben Resten noch gut erhaltener Zellmembranstoffe Zersetzungsprodukte bilden, die das eigenartige Verhalten des Torfes beim Entwässern und Trocknen bedingen. In einer kolloidalen Lösung sind die Humusteilchen außerordentlich fein verteilt, nicht wie z. B. zwischen Sandkörnern und Wasser im nassen Sandboden, sondern in ähnlicher Weise, wie gequollene Gelatine. Daraus resultiert die starke Anziehungskraft zwischen dem Wasser und der Trockensubstanz und dies bedingt wiederum die Unmöglichkeit, lediglich durch Pressung das Wasser von der Trockensubstanz abzuspalten. Will man also das Wasser abspalten, so muß zunächst die Oberflächenspannung gestört werden, d. h. die Haftspannung, die das Wasser in der Trockensubstanz festhält, aufgehoben werden. Sowie man dies erkannt hatte, waren auch die Wege gezeigt, die zum Ziele führen konnten.

Den einfachsten Weg ging *Alexanderson* in Stockholm, der das Torfkolloid durch Frost zerstörte und die aufgetaute Masse abpreßte. Das Preßgut war aber wegen seiner pulverigen Beschaffenheit nicht zu verwerten. Einen komplizierteren Weg gingen die Verfahren des Grafen *Schwerin-Wildenhoff* und der *Elektro-Peat-Coal-Werke* in Kilberry, Irland, die den elektrischen Strom auf das Kolloid einwirken ließen und dadurch eine Abwanderung der festen Phase im elektrischen Feld ermöglichten. Aber alle Werke, die auf diesem Verfahren, dem Elektroosmose-Verfahren, basierten, gingen ein, die Osmon- und Pentanwerke in Aibling und in Tilsit, wie auch die La-Sarrazer-Werke im Kanton Waadt, weil der eigene Kalorienbedarf zur

Erzeugung der elektrischen Kraft zu hoch war. Nach diesem Verfahren wurde der Rohtorf zunächst in eine Vorratsgrube gefördert und von da durch einen Elevator in eine vertikale Zentrifuge gebracht, die einen Teil des Wassers ausschleuderte, worauf der Torf durch ein elektrisches Mundstück in eine zweite Zentrifuge und von da durch einen Konveyor in die Brikettpresse gelangte. Das Verfahren hat den Erwartungen nicht entsprochen und gehört der Vergangenheit an. Ebenso unwirtschaftlich arbeitete Dr. *Eckenberg*, der das Torfkolloid durch Überhitzung aufschließt und die aufgeschlossene Masse abpreßt, unwirtschaftlich, weil der Eigenverbrauch an Kalorien in Steinkohle ebenso groß ist wie die Erzeugung an Kalorien in Torfbriketts. Lediglich die Tatsache, daß für den Schützengraben dies Brikett wegen seiner Rauchlosigkeit sehr begehrt war, hat in Dumfries in Schottland während des Krieges einen Betrieb am Leben erhalten. *Eckenberg* rührt zunächst die Torfmasse breiähnlich an, die dann von einer Pumpe aufgenommen wird, die sie mit ca. 20 Atm. durch die Retorten treibt, wo sie mit überhitztem Dampf bearbeitet wird. Das Wasser wird teilweise schon in den Retorten entfernt, worauf die Torfmasse bis auf 60—55 % Wasser abgepreßt wird, die dann im Trockner weiter entwässert dem Brikettierprozeß unterworfen wird. Das Verfahren von *ten Bosch* bedeutet einen Schritt weiter, obwohl auch hier überhitzter Dampf angewendet wird (s. Fig. 1). *ten Bosch* beschickt einen 50 m hohen Turm (1) aus Stahlblech, der am oberen Ende offen ist, mittels einer Fördervorrichtung mit dem gebaggerten Rohmoor, das in seinem unteren Teil unter einem Druck steht, der es ermöglicht, durch Einwirkung gesättigten Dampfes das Torfkolloid zu zerstören. Die Dampfleitung (2) ist kurz über dem Boden durch ein Ventil (3) an die Turmwand angeschlossen und setzt sich im Innern des Turmes in Form eines nach unten umgebogenen Dampfrohres (4) fort, das über einen Teil seiner Länge durchlocht ist (5). Unterhalb des Rohres ist die Turmwand durch einen hochzylindrischen Rost (6) unterbrochen, der von einem Kasten (7), an dessen Boden die Abfuhrleitung (8) für das Wasser angeschlossen ist, umgeben ist. Unterhalb des Rostes geht der Turm in einen Trichter (10) über, der in ein Mundstück (9) ausläuft, das mit einem Schieber (12) versehen ist, der mittels eines Zahnbügels (13) und eines Handrades (15) beliebig zur Seite geschoben werden kann. Der Trichter ist nach oben gekrümmt, so daß der entwässerte Torf wagerecht austritt. In den Turm, der stets mit Torf gefüllt gehalten wird, wird durch das Siebrohr (5) ununterbrochen Dampf zugelassen, der die Torfsäule vollständig durchsetzt und die am unteren Ende, unter einem Druck von 5 Atm. steht, durch den die aufgeschlossene Torfmasse entwässert wird. Der Prozeß ist zweifellos sehr interessant, aber der Gesamtwirkungsgrad ist bei dem hohen Eigenbedarf sehr gering, wie bei allen Verfahren, die große Energien aufwenden müssen, um das Kolloid aufzuschließen.

Einen neuen Weg zur Lösung des Problems eröffnet das Verfahren der Gesellschaft für maschinelle Druckentwässerung in Ürdingen a. Niederrhein, das unter der Bezeichnung „Madruckverfahren“ von Dipl.-Ing. *Brune* und Dipl.-Ing. *Horst* ausgearbeitet als zurzeit wirtschaftlichstes Verfahren in den Vordergrund getreten ist.

Dies Verfahren ist von Dipl.-Ing. *Groß* und Dipl.-Ing. *Knorr* von der *Technischen Abteilung*

für Torfwirtschaft bei der Landesanstalt für Moorwirtschaft in München während des letzten Jahres eingehend geprüft worden. Die Techn. Abteilung hat neuerdings die Prüfungsergebnisse auf der *Ausstellung für Wasserkraft und Energiewirtschaft* in München ausgestellt, und man kann sagen, daß durch dieses Verfahren der langgesuchte Weg gefunden und das Problem, Torf lediglich durch Druck zu entwässern, gelöst erscheint.

Das *Madruckverfahren* basiert auf der Tatsache, daß das Torfkolloid beeinflusst werden kann, wenn ein fein verteilter Zusatzstoff dem Rohtorf beigegeben wird, der eine Veränderung der Oberflächenspannung des kapillar festgehaltenen Wassers und eine Herabsetzung des Quellschwerdrucks des Torfkolloids bewirkt. Man wird als Zusatz den Stoff wählen, den man an Ort und Stelle hat, nämlich im Betriebsgang hernuntergetrockneten Trockentorf¹⁾ mit 30% Wasser, der, bezogen auf die im Rohmoor enthaltene Trockensubstanz, im Verhältnis von 1:2 beigegeben wird. Dadurch gelingt es, Preßgut von 50–60% Wassergehalt zu erzeugen — das Ergebnis eines mechanischen Verfahrens kürzester Arbeitsdauer im Vergleich zu der monatelangen unsicheren Saisonarbeit von Sonne und Wind.

Nach den Untersuchungen von *Groß* zeigt eine Störung der Oberflächenspannung durch Teilchen von Trockentorf bereits im Mischgut Veränderungen durch die Annahme einer flockigen und krümeligen Beschaffenheit. Die dispergierten Teilchen verdichten sich auf der Oberfläche des Zusatzkörpers zunächst noch getrennt durch Flüssigkeithäutchen stärkerer Konzentration. Nach *Ostwald* wird durch diese Aggregation die Bildung eines Hydrogels bewirkt infolge der nunmehr eintretenden weiteren Annäherung durch den Preßdruck. Zugleich kann das nicht mehr gebundene Wasser auf den durch die Pressung gebildeten Schichten ablaufen. Nunmehr ist das Humusteilchen zum Dispersionsmittel geworden und Wasser zur dispergierten Phase, wobei in diesem Zustand ein kleiner Teil bei der Auflösung in Wasser sich noch fein verteilt und eintretende Krustenbildung den Vorgang verlangsamt. *Groß* stellt nun auf Grund seiner eingehenden Versuche — teils in München im Laboratorium der bodenkundlichen Abteilung der Forstlichen Versuchsanstalt mittels eines Madruck-Preßelementes und dann mittels der großen Versuchsanlage der Gesellschaft in Ürdingen — folgende physikalische Merkmale im Hinblick auf das Madruckverfahren auf: Die Humusstoffe verlieren bei zunehmender Zersetzung das kapillare Aufsaugvermögen und erhöhen die molekulare Anziehungskraft zu Wasser, wobei sie sich zu einer Teilchengröße von 10^{-8} cm, den sogenannten Amikronen entwickeln und sich dadurch der Molekulargröße von 10^{-7} cm nähern. Sie besitzen infolgedessen starke innerer Reibung, so daß sich

Rohtorf mit über 95% Wassergehalt noch formen und zerkleinern läßt. Sie zeigen elektronegatives Verhalten und besitzen geringere Leitfähigkeit als Goldlösung, die als typischer Vertreter der Körnchenkolloide angesehen werden kann, und setzen der Fällung durch Elektrolyte ziemlich starken Widerstand entgegen. Die Reversibilität in den früheren Zustand reicht bis zu einem gewissen Wassergehalt. Getrockneter Torf zeigt eine irreversible Zustandsänderung. Die Adsorptionsfähigkeit der Humusstoffe ist äußerst stark entwickelt. Dieser Punkt ist in bezug auf das Madruckverfahren ganz besonders hervorzuheben, da durch die Einlagerung von feingemahlenem Torf in die Rohmoormasse Oberflächenwirkungen eintreten, die für die jeweilige Abgabe von Wasser von bestimmender Bedeutung sind.

Einen hauptsächlichen Bestandteil des Madruckverfahrens bilden die *Entwässerungsflächen* der Preßelemente. Lediglich durchlochte Flächen würden durch Verschmieren und Verstopfungen den Wasserablauf hindern. *Brune* und *Horst* haben diese Frage auf eine einfache Weise gelöst, indem sie eigenartige Lochflächen herstellten (s. Fig. 2). Die Wände des Preßkastens bestehen aus je zwei Blechen, die mit quadratischen Öffnungen von 7 mm Breite versehen sind und zwischen denen ein Steg von je 3 mm Breite bleibt. Die beiden Platten sind derart aufeinander genietet, daß die Öffnungen in beiden Richtungen um je 5 mm versetzt sind. Auf diese Weise ist ein Gitterwerk geschaffen mit Öffnungen von 2 mm im Quadrat, durch die das Wasser austreten kann. Wenn man die Platten gegen das Licht hält, sieht man quadratische Öffnungen, die in Fig. 2 durch schwarze Quadrate wiedergegeben sind.

Das *Madruckverfahren* stellt einen in sich geschlossenen Preßprozeß dar, der bei geringstem Kraftaufwand und verhältnismäßig kleiner Arbeiterzahl, wie oben erwähnt, den hohen Wirkungsgrad von 80% ergibt. Der Beweis für diese Angabe soll an der Hand eines praktischen Preßvorganges im Nachfolgenden geliefert werden.

Das gebaggerte Rohmoor wird zunächst mittels einer Feldbahn zu einer Torfvorratsgrube gebracht, um den Betrieb dreischichtig durchzuführen, während die Baggerung einschichtig erfolgt. Aus der Vorratsgrube wird der Torf durch einen Elevator mit Hilfe eines Transportbandes in Reißwölfe befördert, die den Torf, ohne — und dies ist sehr wesentlich für die Durchführung des Prozesses — ihn zu quetschen oder zu kneten, wodurch eine Strukturveränderung vermieden wird, in kleinkörnige Stücke zerreißen. Der zerkleinerte Torf fällt auf ein Transportband, das mit einer Schicht 30proz. Trockentorf bedeckt ist, und wandert in eine Mischtrommel, wo die Substanzen lose miteinander vermengt werden. Das Mischgut wird nun durch einen Elevator auf ein Transportband und Rücklauftransporteur gebracht, der die Ringpresse beschickt, die das Mischgut auf 60% und

¹⁾ Über seine Herstellung und seine wirtschaftliche Einordnung in das Gesamtverfahren s. S. 743 Sp. 1.

darunter abpressen. Durch die Abpressung wird dem Rohmoor 80% seines Wasserballastes entzogen, so daß das Preßgut sich fast trocken anfühlt und sieben läßt. Von diesem Preßgut wird nun ein Teil abgetrennt, der mittels eines Transportbandes nach dem durch den Abdampf der Betriebsmaschine geheizten Trockner gebracht und

pro Tag verarbeitet (s. Fig. 3). (Diese Zahlen sind aus dem Grunde angenommen, weil ein Torffeld von 1 qkm und einer Mächtigkeit von 3 m bei der angenommenen Förderung etwa 15 Jahre aus-

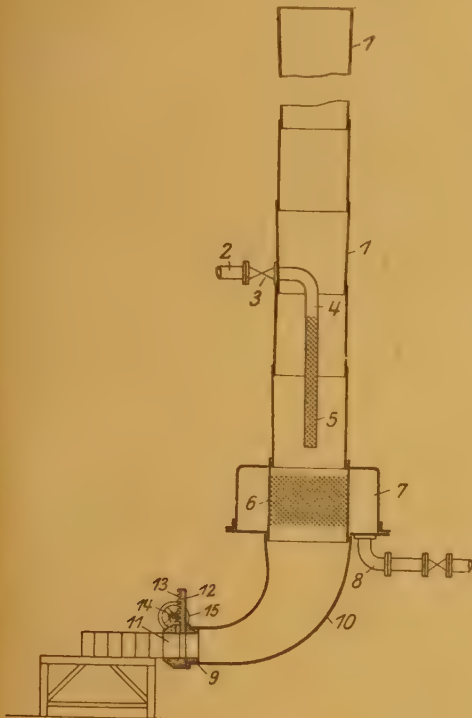


Fig. 1.
Vorrichtung zum Entwässern von Torf (mit überhitztem Dampf) nach dem Verfahren von ten Bosch.

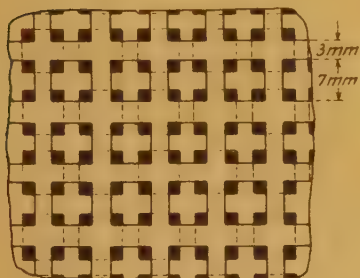


Fig. 2.
Gitterwand des Preßkastens (als Entwässerungsfläche) im Madruckverfahren.

auf 30% heruntergetrocknet wird, um von neuem als Trockenzusatz dem Rohmoor beigegeben den Kreislauf zu schließen.

Wir nehmen nun ein Rohmoor mit 87,5 % Wassergehalt an und eine Madruckanlage, die 640 cbm

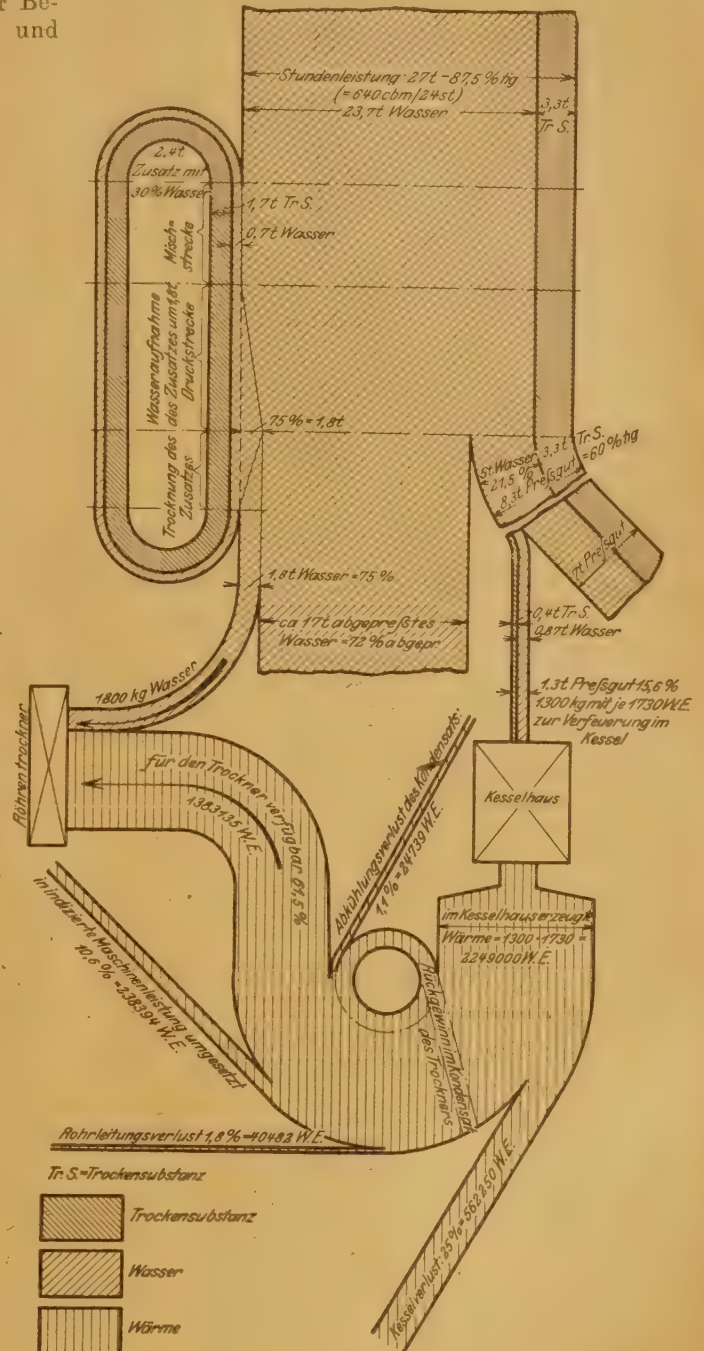


Fig. 3.
Die Nutzwirkung des Madruckverfahrens.

reicht.) Auf die Arbeitsstunde berechnet werden 27 t dem Preßprozeß unterworfen. Da, wie oben ausgeführt, der Trockenzusatz zu der im Rohmoor befindlichen Trockensubstanz im Verhältnis von 1 : 2 steht, so beträgt die Zusatzmenge 1,7 t

30proz. Torfpulver, die sich beim Preßprozeß auf ca. 60 % Wasser anreichert, also um etwa 1,8 t auf 3,5 t. Dieses Wasserquantum muß im Röhrentrockner verdampft werden, der durch den Abdampf der Betriebsmaschine geheizt wird. Dem aus der Presse austretenden 60proz. Preßgut wird die pro Stunde zur Kesselfeuerung notwendige Menge entnommen, in diesem Falle 1,3 t = 15,6%, während 7 t = 84,4% zur weiteren Verwendung bleiben. Die Verwendung ist folgende:

Zur Erzeugung des gesamten Kraftbedarfs und der für den Trockner benötigten Wärmemenge ist eine Dampfanlage von 300 PSi erforderlich, die, wenn der auf 300° überhitzte Zudampf eine Spannung von 12 Atm. und der zum Trockner überströmende Abdampf eine solche von 2 Atm. besitzt, 8,6 kg Dampf pro PSi/St verbraucht. Nimmt man den Wirkungsgrad der Kesselanlage zu 75% an und ferner, daß die Spannung im Kessel 12,5 Atm. Überdruck bei 330° Überhitzung beträgt und daß das Kondensat aus dem Trockner mit 100° abfließt und mit 90° wieder in den Kessel gelangt, so beträgt bei einem stündlichen Dampfverbrauch von $8,6 \times 300 = 2580$ kg die Erzeugungswärme pro kg-Dampf = 655 W.E. und die stündlich aufzuwendende Wärmemenge = 2 249 000 W.E. Der hierzu notwendige Brennstoff wird dem aus der Presse austretenden 60proz. Preßgut entnommen. Da 1 kg von diesem Material bei 5% Aschengehalt etwa 1730 W.E. besitzt, so sind hiervon pro Stunde 1300 kg erforderlich, das sind 15,6% der Gesamtmenge an Preßgut.

Für die erzielten $1730 \times 1300 = 2\,249\,000$ W.E. ergibt sich nun folgende theoretische Wärmeverteilung:

Kesselverlust	562 250 WE./St. = 25 %
Rohrleitungsverlust	40 482 " " = 1,8%
in indizierte Maschinenleistung umgesetzt	238 394 " " = 10,6%
Für den Trockner verfügbar	1 383 135 " " = 61,5%
Abkühlungsverlust des Kondensates	24 739 " " = 1,1%
Summa	2 249 000 WE. = 100%

Es ist aus der Wärmebilanz ersichtlich, daß die Wirtschaftlichkeit des Madruckverfahrens zweifellos eine sehr hohe ist, und daß dadurch die Annahme berechtigt erscheint, daß dieses Verfahren eine Lösung des Problems, den im Torf enthaltenen Brennstoff wirtschaftlich zu gewinnen, bedeutet.

Das so gewonnene Preßgut hat seinen Moorcharakter vollkommen verloren und ähnelt der Rohbraunkohle in so hohem Maße, daß man füglich sagen kann, eine Madruckanlage stellt eine Braunkohlengrube dar. Wie Rohbraunkohle läßt sich das Preßgut direkt auf Treppenrosten verfeuern, es läßt sich brikettieren, vergasen und verkoken. Die bayerische Landeskohlenstelle gibt über die aus dem nach dem Madruckverfahren ent-

wässerten Moor hergestellten Briketts folgendes Gutachten:

„Die Briketts mit 15% Wassergehalt haben einen unteren Heizwert von 4400—4500 W.E. und einen oberen Heizwert von 4130—4570 W.E. Aschengehalt auf Trockensubstanz bezogen, bei Hochmooren von 0,5—3, höchstens 5%, bei abbauwürdigem guten Niederungsmoor 5—10%. Die Festigkeit der Briketts ist sehr gut, besser als bei Braunkohlenbriketts. Sie sind nicht selbstentzündlich und nahezu schwefelfrei. Verhalten im Feuer: Das Brikett behält die Form und ist langflammig, seine Asche ist gutartig. Die Briketts sind reinlich und schmutzen nicht.“

Dasselbe Urteil hat auch die Sachverständigenkommission der dänischen Staatsbahn gefällt, die dänisches Moor in der Versuchsanlage in Ürdingen entwässern und auf einem rheinischen Brikettierwerk hat brikettieren lassen. Die Preise bewegen sich inklusive einer 10proz. Amortisation und 5proz. Verzinsung zwischen 168 und 255 M. pro Tonne bei Einstellung hoher Sicherheitsreserven, die im praktischen Betrieb nicht in Anspruch genommen werden, wodurch sich das Brikett erheblich billiger stellen wird.

Bei der Brennstoffnot, unter der die deutsche Industrie leidet, bedeutet die Möglichkeit, so billigen Brennstoff liefern zu können, eine Rettung. Nach dem letzten Wirtschaftsbericht des Vereins deutscher Ingenieure vom 7. Juli d. J. ist die Not noch gewachsen. Der V. d. I. schreibt darüber: Die Kohlenversorgung des Reiches hat sich in besorgniserregender Weise verschlechtert. Hat der Fortfall der Übersichten im Ruhrbergbau eine erhebliche Minderförderung gezeigt — in der Gewerkschaftenversammlung der Gewerkschaft Konstantin der Große in Bochum wurde der Rückgang der Förderung für April und Mai auf 12% angegeben —, so trug der Ausfall der oberschlesischen Förderung, die früher rund ein Drittel der deutschen Kohlen erbrachte, vollends dazu bei, die Kohlenknappheit aufs äußerste zu steigern. Wohl hatte die Industrie unter dem Einfluß der schlechten Marktlage gewisse Bestände wenigstens an minderwertigen Steinkohlen ansammeln können, indessen gehen diese Vorräte jetzt infolge des Ausbleibens der schlesischen Lieferungen ihrem Ende zu; ebenso schmelzen die Vorratsbestände der Eisenbahnen bedenklich zusammen. Die Gaswerke haben bisher bei einer Belieferung mit 60% ihrer bereits beschränkten Zuteilung den Betrieb mühsam aufrechterhalten können; die Elektrizitätswerke haben schon vielfach ganze Industriegruppen abschalten oder in ihrem Strombezug einschränken müssen. Es ist bezeichnend, daß Kraftwerken im Ruhrkohlengebiet, wie Herdecke, Elverlingsen, Schwelm u. a. ein Drittel ihrer Zufuhren in mitteldeutschen Braunkohlenbriketten geliefert werden muß! In der Binnenschifffahrt hat der Kohlenmangel besonders im Westen viele Schleppzüge, namentlich auch Lebensmitteltransporte, zum Stilllegen gebracht; die deutsche

Kriegsmarine hat 5000 t Bunkerkohle aus den Vereinigten Staaten beziehen müssen, um die Minensuchboote in Betrieb halten zu können. —

Mehr als je tritt daher die gebieterische Forderung auf, auch diejenigen Brennstoffe heranzuziehen, die als *minderwertige Abfälle* bei der trockenen und nassen Aufbereitung und der Verkokung der Steinkohle in großen Mengen auftreten — *Staubkohlen, Wasch- und Klaubeberge, Kohlenschlamm und Koksgrus*. Bis in die Neuzeit bedeutete jedes einzelne dieser Abfallprodukte für die Zechen eine unbequeme Nebenerscheinung, weil bei der Verfeuerung die größten Schwierigkeiten entstanden, deren man nicht Herr werden konnte. Bei der dichten Lagerung der *Staubkohle* bei einer Korngröße bis zu 5 mm reichte der übliche Zug nicht aus, um die Luft durch die Brennstoffschicht zu ziehen und die Verbrennung dauernd aufrecht zu erhalten. Man muß daher Unterwind anwenden, der aber durch das Ausbrennen von Löchern und der auftretenden Schlackenbildung des Brennstoffes ein häufiges Nachschüren und Durchstochern verlangt, wodurch der Nachteil eines erhöhten Abfalles unverbrannten Gutes und das Eindringen falscher Luft in den Verbrennungsraum entsteht. Der Heizwert der *Staubkohlen* schwankt bei 8—14% Aschengehalt zwischen 5500 und 7000 Kal. und man kann sie daher als die wertvollsten der minderwertigen Brennstoffe bezeichnen. — Die *Wasch- und Klaubeberge* sind unreine, mit Schiefer durchwachsene Waschprodukte der Steinkohlenaufbereitung, deren Korngröße sich zwischen 6 und 12 mm bewegt und die bei 15—20% Aschengehalt 5600 Kal. haben. Der hohe Aschengehalt, der bedeutend ungünstiger ist als bei anderen minderwertigen Brennstoffen, und die starke Neigung zur Schlackenbildung hat sie bis jetzt ganz in den Hintergrund gedrängt und alle bisherigen Versuche, sie zu veredeln, sind erfolglos geblieben. Der *Kohlenschlamm* entsteht bei der Kohlenwäsche als breiiges, schlammiges Wasser, das mit sehr feinen Kohlenstäubchen durchsetzt ist. Er wird in Klärbecken geleitet, wo sich der Schlamm mit 20—50 % Wasser absetzt und bei 10—15 % Aschengehalt 3000—6000 Kal. birgt und in Mischung mit besseren Kohlensorten verfeuert wird. Aber die Aufbereitung ist wegen der schlammigen Beschaffenheit mit so großen Schwierigkeiten verknüpft, daß darin die Erklärung zu finden ist, warum kein anderes Teilgebiet der Steinkohlenaufbereitung teilweise noch so rückständige Vorrichtungen aufweist, wie die Wasserklärunge und Ausnutzung der Schlämme. Der *Koksgrus* oder die *Kokasche* ist ein Abfallprodukt der kokserzeugenden Zechen und Gasanstalten und hat bei einem Mittel von 5 mm Korngröße und 10% Wasser- und Aschengehalt 5200 Kal. und verhält sich bei der Verbrennung ähnlich wie gasarme *Staubkohlen*. Infolge der erhöhten Erschließung der Kohle und ihrer Destillationsprodukte ist mit einem stetig wachsen-

den Anfall von Koksgrus zu rechnen, der allein im Ruhrgebiet jährlich ca. 640 000 t beträgt. Wie bei der *Staubkohle* treten bei der Verfeuerung dieselben Folgeerscheinungen auf: Beeinträchtigung des Wirkungsgrades der Feuerung durch Einströmen von kalter Luft in den Verbrennungsraum und erhöhter Abgang unverbrannten Materials in die Schlacken. Neue Bestrebungen gehen darauf hinaus, ihn unter Zusatz eines Bindemittels zu brikettieren oder ihn nach sorgfältiger Zermahlung zu Staub in Staubfeuerungen zu verwerten. Beide Verfahren sind mit erheblichen Kosten verbunden und ihre Einführung in die Praxis ist daher sehr erswert.

Auch auf diesem Gebiet, der *Nutzbarmachung der obenerwähnten minderwertigen Brennstoffe*, hat sich das Madruckverfahren bahnbrechend bewährt, indem es *Kohlenschlamm* in Verbindung mit einem anderen Abfallprodukt, sei es *Staubkohle*, Zwischenprodukte oder *Koksgrus*, gegenseitig veredelt und dadurch einen hochwertigen Brennstoff schafft.

Es soll nun an dieser Stelle die Aufgabe besprochen werden, *Kohlenschlamm* mit *Koksgrus* durch Verpressung nach dem Madruckverfahren gegenseitig zu veredeln. Zugleich soll die *Wertsteigerung*, die die Mischprodukte durch die Veredelung erfahren, einer Berechnung unterzogen werden.

Der *Kohlenschlamm* wird flüssig, ohne daß er sich vorher in Klärbassins abzusetzen braucht, mittels Pumpen, die wegen der verhältnismäßig flüssigen Masse wenig Kraft verbrauchen, aus den Teichen zur Presse gepumpt, dort mittels einer gewöhnlichen Mischschnecke mit dem *Koksgrus* gemischt, und zwar im jeweiligen Verhältnis der abfallenden Rohstoffe, und zu Briketts verpreßt. Aus den Lochflächen der Preßkasten quillt nur Wasser, während der Kohlenstaub mit dem Zusatzkörper im Preßkasten zurückbleibt. Die so erhaltenen Briketts sind Preßstücke mit 12—18 % Wassergehalt, die beide minderwertigen Brennstoffe in sich vereinigen und die ihre für die Verbrennung so nachteilige Beschaffenheit vollständig geändert haben. Der Schlamm ist trocken und fest, der *Koksgrus* ist stückig geworden. Im Feuer brennt der Kohlenstaub als leicht entzündliche Masse zuerst aus dem Brikett heraus und bakt gleichzeitig die Kokspartikelchen fest aneinander. Übrig bleibt ein schwammartiges Gerüst von *Koksgrus*, der durch den abgebrannten Schlamm durch und durch zur Entzündung gebracht ist. Die Luft hat somit, ohne Widerstand zu finden, mit Leichtigkeit Zutritt bis zum innersten Teilchen des Kokserüstes, dessen vollkommene Verbrennung ungehindert erfolgen kann.

Anläßlich eines größeren Verbrennungsversuches, durch den die Wertsteigerung der Abfälle bei Anwendung des Madruckverfahrens festzustellen war, wurde durch die beobachtenden Ingenieure der Verbrennungsvorgang in folgendem Bericht geschildert:

Die Preßstücke wurden mit einem Aschengehalt von 22,2% verfeuert. Nach dem jeweiligen Beschicken des Brennstoffes war eine äußerst geringe Rauchbildung an dem Schornstein der Dampfkesselfeuerung wahrzunehmen, die sofort wieder aufhörte. Während des ganzen Brennversuches war kein Rauch am Kamin zu beobachten. Das Abschlacken erfolgt sehr leicht, ein Festbrennen der Schlacke am Rost kam nicht vor. Die Asche fiel reichlich herunter, so daß nach mehrstündigem Brennen ein heller Lichtschein unter dem Rost wahrgenommen wurde. Das Material brannte sehr gut und lebhaft durch, und das ganze Feuer war sehr heiß.

Um die wirtschaftliche Seite des Verfahrens zu illustrieren, soll im nachfolgenden die Wertsteigerung der einzelnen Abfallstoffe im Vergleich mit normalen Brennstoffen klargestellt werden.

Westfälische Steinkohle hat einen Durchschnittsheizwert von 7500 Kal. Demnach kosten 1000 W.E. ca. $0,133 \times a$ M. Wegen der schwankenden Kohlenpreise wird der Berechnung kein bestimmter Preis zugrunde gelegt. Für den Buchstaben a ist der jeweilige Tagespreis der Kohle einzusetzen.

Der Kohlenschlamm enthält im flüssigen Zustand etwa 40–50% Wasser und ca. 3600–3430 W.E. Es soll hier der ungünstigste Fall mit 50% Wasser angeführt werden. Im Vergleich mit Steinkohle beziffert sich der Wert pro Tonne auf:

$$3,430 \times 0,133 \times a = 0,46 \times a.$$

Wegen des annähernd 50% geringeren Nutzeffektes bei Verfeuerung des Kohlenschlammes gegenüber der Steinkohle ist der Wert mit

$$0,5 \times 0,46 \times a = 0,23 \times a.$$

zu veranschlagen. Da nun von diesem 50proz. wasserhaltigen Kohlenschlamm ca. 1,7 t für die Herstellung von einer Tonne Schlammpreßgut mit 15% Wassergehalt erforderlich sind, so betragen die Rohstoffkosten für letzteres:

$$1,7 \times 0,23 \times a = 0,39 \times a.$$

Um nun die Steigerung dieses Rohstoffwertes $0,39 \times a$ infolge der Wasserabpressung bzw. Brikettierung zu ermitteln, ist zu berücksichtigen, daß gleichzeitig mit der Abpressung von 50 auf 15% Wassergehalt eine Erhöhung des Heizwertes um 2870, also auf $2870 + 3430 = 6300$ Kal. eintritt, denen im Vergleich zur Steinkohle ein Wert von $6,300 \times 0,133 \times a = 0,84 \times a$ entspricht. Es ist der Wert somit von $0,39 \times a$ durch die Verpressung um $0,45 \times a$, also auf $0,84 \times a$ gestiegen.

Beim Koksgrus beruht die Wertsteigerung gegenüber dem Kohlenschlamm, bei dem die Wertsteigerung durch die Wasserabpressung bedingt wird, auf der Veränderung seiner äußeren Form durch die Brikettierung. Für den Koksgrus würde bei seinem ca. 5600 Kal betragenden Heizwert im Vergleich zur Steinkohle ein Wert von $5,600 \times 0,133 \times a = 0,75 \times a$ anzunehmen sein, der sich aber bei den im Vergleich zur Steinkohle nur in Frage kommenden 70% Wirkungsgrad auf $0,75 \times 0,7 \times a = 0,53 \times a$ verringert. Brikettiert erreicht der Koksgrus dagegen mindestens den Wirkungsgrad der Steinkohle mit einem Wert von $0,75 \times a$ und hat somit eine Wertsteigerung von $0,53 \times a$, also von $0,22 \times a$ erfahren.

Das Mischprodukt mit 15% Wasser, das aus zwei Teilen Kohlenschlamm und einem Teil Koksgrus besteht, hat ebenfalls einen Wert von $0,75 \times a$. Seine

Wertsteigerung durch das Madruckverfahren beträgt also:

$$0,35 \times a + 0,35 \times a + 0,22 \times a$$

$$= \frac{0,92 \times a}{3} = 0,31 \times a \text{ pro t.}$$

Beträgt nun z. B. der Wert für a 200 M., d. h. kostet eine Tonne Kohlen M. 200, so errechnet sich die Wertsteigerung einer Tonne Preßgut zu

$$0,31 \times 200 = \text{M. } 62.$$

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß das Madruckverfahren bei seiner hohen Wirtschaftlichkeit dazu berufen ist, bei der Veredelung und Nutzbarmachung minderwertiger Brennstoffe an erster Stelle zu stehen, ganz abgesehen davon, daß die Arbeitersparnis und die Unabhängigkeit von der Arbeitsfrage nicht an letzter Stelle stehen, ebenso wie die Ausschaltung des Saisonbetriebes und die Durchführung eines Dauerbetriebes in der Torfindustrie von einschneidender Bedeutung für unsere schwer geschädigte Brennstoffwirtschaft sein werden.

Besprechungen.

Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Herausgegeben von *Paul Hinneberg*. Dritter Teil, dritte Abteilung, dritter Band: **Astronomie**. Unter Redaktion von *J. Hartmann*. Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin, 1921. VII, 639 S., 44 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Preis geh. M. 36,—; geb. M. 46,—. Hierzu Teuerungszuschläge.

Die stattliche Reihe der vorhandenen Werke, die den Nichtfachmann mit den Methoden und Ergebnissen der Astronomie bekannt machen, ist ein charakteristisches Merkmal für das Interesse, das aus weitesten Kreisen dieser Wissenschaft entgegengebracht wird. Die verschiedenen Bearbeiter haben dafür gesorgt, daß für jedes Maß von Vorkenntnissen, mit dem der Leser an das Studium der Himmelskunde herangeht, eine passende Darstellung zur Verfügung steht. Alle diese Werke haben das Gemeinsame, daß sie sich mehr oder weniger auf die Darstellung des eigentlichen Inhalts der Wissenschaft beschränken; ihre Beziehungen zum täglichen Leben, zu Kunst und Technik, zu den Nachbarwissenschaften, besonders zur eng verwandten Physik, die Einflüsse, die von ihr auf die Gesamtkultur ausgehen, werden kaum gestreift. Diese empfindliche Lücke auszufüllen, die Stellung der Astronomie in dem Gesamtbilde unserer heutigen Kultur in einer Übersicht über den Gesamteinhalt unseres gegenwärtigen astronomischen Wissens zusammenfassend zu behandeln, bot sich im Rahmen der Sammlung „Die Kultur der Gegenwart“ Veranlassung und Gelegenheit.

Das Buch, dessen Redaktion in den Händen *J. Hartmanns* lag, zerfällt in 12 Kapitel, deren Inhalt kurz angegeben sei. Schon aus ihren Überschriften wird man sich leicht ein Bild von der Eigenart der Stoffanordnung bilden können.

Als Einleitung behandelt *Franz Boll* (Heidelberg) die Entwicklung des astronomischen Weltbildes im Zusammenhang mit Religion und Philosophie. Wir erhalten hier aus der Feder des Altertumskenners, der dem Astronomen durch manche wertvolle Studie über antike Astronomie bekannt ist, eine anschauliche Geschichte der Entstehung und Entwicklung astrono-

mischen Denkens bei den Alten. Es ist nur naturgemäß, daß auch der Astrologie eine eingehende Würdigung zuteil wird. Hat sie doch nicht bloß infolge ihrer praktischen Bedeutung die wissenschaftliche Astronomie durch dunkle Jahrhunderte gerettet, sondern eine förmliche Weltanschauung gebildet, die in der merkwürdigsten Weise mit wahren und vermeintlichen Fortschritten des Denkens, aber auch mit den heißen Wünschen und den törichtesten Hoffnungen der Menschen wie mit ihrem abgründigsten Fatalismus sich zu verbinden vermochte.

Leider schließt der Aufsatz mit einem kurzen Ausblick auf das Mittelalter ab. Die Einwirkungen der Kopernikanischen Lehre und die erst seit *Newton* Allgemeingut der Wissenschaft werdende Erkenntnis der unbedingten Gesetzmäßigkeit der Natur, die durch die Spektralanalyse der Gestirne zur Gewißheit erhobene Einheit der Natur, um nur einige der Haupteinflüsse astronomischer Forschung der neueren Zeit auf die Weltanschauung zu nennen, werden leider nicht mehr behandelt.

Es folgt nun eine Reihe Kapitel, die dartun, daß die Astronomie durchaus nicht, wie es vielen erscheinen möchte, eine zwar ideale, aber weltfremde und nutzlose Wissenschaft ist. Sicherlich darf der Wert einer Wissenschaft nicht danach beurteilt werden, wie weit sie praktischen Nutzen gewährt. Aber es ist schließlich auch kein Schade, wenn die Wissenschaft „nützlich“ ist. Die Forschung selbst wird durch die Anforderungen, die die Bedürfnisse der Praxis stellen, wieder zu neuen Problemen angeregt, wird vor der Isolierung bewahrt, und in dieser lebendigen Wechselwirkung liegt oft ihr stärkster Kulturwert. Die Astronomie war und ist berufen, mit ihren Maschinen, die kein menschlicher Ingenieur baute, mit ihren Laboratorien, die kein menschlicher Chemiker einrichtete, die darum auch ohne menschliche Unvollkommenheiten sind, Grundlagen für das zu geben, was allen menschlichen Handel und Wandel umfaßt: die Grundlagen für das Messen in Zeit und Raum.

Die Zeitrechnung behandelt *F. K. Ginzel* (Berlin). Nach einleitenden Bemerkungen über die Entwicklung des Zeitsinns und die Ursachen der Entstehung einer Zeitrechnung werden die primitiven Formen der Zeitrechnung und ihre astronomischen Grundlagen erörtert. Wir erfahren Näheres über die Jahrformen und die übrigen Zeitelemente bei den alten Kulturvölkern, über die Gregorianische Kalenderreform und schließlich über die modernen Projekte zu Veränderungen der inneren Einrichtungen des Jahres.

Die Zeitmessung behandelt *J. Hartmann* (Göttingen). Er beginnt mit der Entwicklung der Zeitmessung, schildert die jahrtausendelang gebräuchten Temporalstunden und ihre allmähliche Verdrängung durch die Äquinoktialstunden, geht dann auf die theoretischen Grundlagen und die praktische Ausführung der Zeitmessung ein und gibt zum Schluß einen Überblick über die Einrichtungen des öffentlichen Zeitdienstes.

Im nächsten Kapitel erörtert *L. Ambrom* (Göttingen) die astronomische Ortsbestimmung und scheidet die Ortsbestimmung der Gestirne von der Ortsbestimmung auf der Erde. Die Grundlehren der Koordinatensysteme und die Meßmethoden werden in lichtvoller Weise auseinandergesetzt, eine Übersicht über die Sternkataloge wird gegeben und schließlich die Polhöschwankung und der zu ihrer Erforschung eingerichtete Internationale Breitendienst behandelt.

In engster Verbindung mit diesem Kapitel steht das folgende: Erweiterung des Raumbegriffs von *A. von*

Flotow (Potsdam). Von der allmählichen Entwicklung einer Raumvorstellung im Weltall ausgehend, schildert der Verfasser die Entwicklung der Vorstellungen von der Gestalt und Größe der Erde, die Bestimmung ihrer Größe durch Messung, die Ableitung des irdischen Längenmaßes aus dieser Messung und die Bestimmung der Parallaxe der Gestirne, deren Kenntnis uns ja erst die rechte Vorstellung von der Ausdehnung unseres Weltraumes zu geben imstande ist.

Die folgenden drei Kapitel berichten dann über die Ergebnisse der astronomischen Erforschung unseres Planetensystems. Seine mechanische Theorie behandelt *J. von Hepperger* (Wien), seine physische Erforschung (mit Ausnahme der Sonne) *K. Graff* (Hamburg-Bergedorf), die Physik der Sonne der leider verstorbene *E. Pringsheim* (Breslau).

Etwas aus dem Rahmen des Buches heraus fällt der nächste Aufsatz von *P. Guthnick* (Berlin-Babelsberg) über die Physik der Fixsterne. Schon äußerlich, denn er umfaßt nahezu ein Viertel des ganzen Buches. Aber absichtlich ist vom Herausgeber der Besprechung der Ergebnisse der modernen astrophysikalischen Fixsternforschung ein erheblich breiterer Raum gewährt worden, einerseits, weil noch keinerlei zusammenfassende Darstellung derselben vorhanden ist, andererseits, weil gerade dieses Gebiet jetzt im Mittelpunkt astronomischen Interesses steht, die größten Fortschritte aufzuweisen hat und auch für die zukünftige Ausdehnung unserer Kenntnisse von grundlegender Bedeutung zu werden verspricht. So wird dies Kapitel nicht nur von dem Laien, sondern ebenso von dem Fachmann begrüßt werden, der die in der oft schwer zugänglichen Literatur verstreuten Einzeltatsachen hier zu einem organischen Ganzen vereinigt vorfindet. Nachdem im ersten Abschnitt der Begriff des Fixsterns definiert ist — auf Grund der Parallaxe —, werden im zweiten die Forschungsmethoden erörtert: Photometrie, Energieverteilung im Spektrum, Spektroskopie. Der dritte und wichtigste Abschnitt bringt die Forschungsergebnisse: Photometrie, Kolorimetrie, Spektroskopie, moderne Auffassung der Spektralreihe, effektive Temperatur der Sterne, spektroskopische Bestimmung der absoluten Helligkeit, Doppelsterne, veränderliche Sterne, Sternhaufen, Spiralnebel und Gasnebel sind die Kapitelüberschriften; zahlreiche Tabellen kommen dem Wort zu Hilfe. Durchweg ist das neueste Material berücksichtigt. Es sei beispielsweise auf die Beschreibung der neuen Sterne hingewiesen, deren Kenntnis durch die *Nova Aquilae* von 1918 so bedeutend gefördert worden ist, oder auf die der Sternhaufen, die durch die allerneuesten Untersuchungen *Shapley's* in den Vordergrund des astronomischen Interesses gerückt sind. Den Abschluß bildet die Besprechung einiger physikalischer Theorien, so die Theorien über den inneren Aufbau der Sterne, über veränderliche und neue Sterne, über die Gasnebel. Man wird mit dem Verfasser bedauern, daß wegen Raummangels nicht sämtliche Theorien, die auf die Objekte des Fixsternhimmels Bezug haben, Aufnahme finden konnten. Aber das Gesagte zeigt schon zur Genüge, wie es durch Verwendung der neuesten Ergebnisse der physikalischen Forschung mehr und mehr gelingt, die überwältigende Fülle der astrophysikalischen Beobachtungsergebnisse zu ordnen und einheitlich zu erklären.

Die Physik der Fixsterne gibt aber erst einen Teil des Materials, das wir brauchen, um das Bild vom Bau des Universums, das letzte Ziel aller astronomischen Forschung, entwerfen zu können. Den anderen Teil liefert das Studium der Bewegungen; hierüber

orientiert *H. Kobold* (Kiel) in dem nächsten Aufsatz: Das Sternsystem. Nach einer kurzen historischen Einleitung bespricht Verfasser die Grundlagen unserer Kenntnis der Bewegungen, die Sternkataloge und die Bestimmung der Fixsternentfernungen, um dann in großen Zügen das Weltbild zu entwerfen. Die älteren Vorstellungen — bis zu *Herschel* — waren fast reine Spekulation, obgleich manche Anschauungen, besonders die von *Lambert*, den heutigen erstaunlich nahe kommen. Erst durch Berücksichtigung der Beobachtungen über die Sternverteilung wurde die exakte Grundlage für die modernen Untersuchungen geschaffen. Dazu kam das an Umfang sich rasch steigernde Material der Eigenbewegungen und der Geschwindigkeiten im Visionsradius, so daß es gegen Ende des 19. Jahrhunderts *Seeliger* gelungen war, das stellarstatistische Material zu einer in sich festgefügt und plausiblen Vorstellung vom Bau des Fixsternsystems zu vereinigen, nach der sich uns dieses als ein in bestimmte Grenzen eingeschlossenes einheitliches System darstellte. Andere Anschauungen wurden von den Forschern *Kapteyn*, *Schwarzschild*, *Charlier*, *Oppenheim* u. a. zur Diskussion gestellt. All diese an das Stellungsvermögen oft hohe Anforderungen stellenden Probleme führt der Verfasser in meisterhafter Darstellung vor.

Sind wir hiermit an die Grenzen unserer heutigen Raumvorstellung gelangt, so kehren wir noch einmal auf unsere Erde zurück. *L. Ambrohn* (Göttingen) berichtet über die wichtigsten Hilfsmittel der astronomischen Beobachtungskunst, Instrumente und Sternwartenanlagen, wobei sich Gelegenheit findet, die innigen Beziehungen der Astronomie zu Kunst und Technik darzulegen, zu zeigen, wie der Astronom immer höhere Anforderungen an die Leistungen des Feinmechanikers und Optikers stellt, und dieser wiederum eben durch seine vervollkommenen Leistungen den Astronomen in den Stand setzt, der Natur stets neue Geheimnisse zu entlocken.

Das größte Geheimnis ist bisher noch die Ursache aller Bewegungen, die in ihrem Wirken sehr genau bekannte, in ihrem Wesen so rätselhafte Gravitation. Im Schlußkapitel erörtert *S. Oppenheim* (Wien) die hierauf bezüglichen Fragen. Das Newtonsche Gesetz, seine Prüfung, die Widersprüche gegen dasselbe und die deshalb vorgeschlagenen Abänderungen des Newtonschen Gesetzes sowie die vielfachen Erklärungsversuche der Gravitation bilden den Inhalt des Kapitels. Den Schluß bildet ein kurzer Abriss der Relativitätslehre, die, falls die astronomischen Prüfungen sie bestätigen werden, am besten das alte Rätsel der Gravitation zu lösen vermag.

Man wird aus dieser Inhaltsübersicht die Eigenart des Werkes entnehmen können. Daß nicht alles in der Form gleichartig ist, darf bei der Vielzahl der Mitarbeiter nicht Wunder nehmen. Auch finden sich aus demselben Grunde manche Wiederholungen. Dafür hat der Leser den Vorteil, in jedem Kapitel eine geschlossene Darstellung der Materie zu finden, und es hat gewiß seinen Reiz, verschiedene Forscher ihre Anschauungen über dasselbe Thema vortragen zu hören.

Zu bedauern ist es, daß das Kapitel über Organisation, das in den ursprünglichen Plan des Werkes aufgenommen war, keine Bearbeitung gefunden hat. Gerade in der praktischen Astronomie spielen Organisationsfragen eine wichtige Rolle und sind aufs Engste mit Fragen der allgemeinen Kultur verknüpft. *F. Ristenpart* (Santiago de Chile), der den Artikel übernommen hatte, ist schon vor acht Jahren gestorben.

Hat sich wirklich kein anderer Bearbeiter finden lassen?

Die Drucklegung der ersten Kapitel ist noch vor dem Kriege begonnen worden, doch sind diese mehr historischen Abschnitte der Veraltung nur in geringem Maße ausgesetzt. Daß die Vollendung des stattlichen Bandes in gleich guter Ausstattung wie der Anfang erfolgt ist, dafür darf man der Teubnerschen Verlagsbuchhandlung besonders danken, die mit der Herausgabe des Buches die deutsche astronomische Literatur um ein hervorragendes Werk bereichert hat.

R. Prager, Neubabelsberg.

Gruner, P., Leitfaden der geometrischen Optik und ihrer Anwendungen auf die optischen Instrumente.

Bern, Paul Haupt, 1921. 148 S., 93 Fig. Preis M. 24.—

Der Verfasser stellt sich im Vorwort die Aufgabe, „den Studierenden, die sich auf den Geometerberuf vorbereiten, eine solide, wissenschaftliche Grundlage zum Verständnis der optischen Instrumente zu geben, ohne in alle die weitläufigen Einzelfragen der geometrischen Optik einzutreten“. In dieser Weise wird das Büchlein auch andern... als Einführung in das große Gebiet der geometrischen Optik dienen können.“

Dieser Absicht entspricht die Anlage des Buches. Nach einem einleitenden die Grundgesetze enthaltenden Kapitel wird zunächst die Gaußsche Abbildungslehre entwickelt, dabei sorgfältig auf dicke Linsen und manche Einzelheiten eingegangen. Die Abweichungen (sphärische und Farbenfehler) werden kurz, aber zur Einführung ausreichend besprochen. Besonders erfreulich ist, daß in den folgenden Kapiteln die Strahlenbegrenzung, die Photometrie und die Beugung in ziemlich ausführlicher, für den Zweck des Buches jedenfalls genügender, Weise behandelt werden.

Das Schlußkapitel bespricht knapp die optischen Instrumente: Zunächst das Auge (auf direktes und indirektes Sehen, beidäugiges Sehen, das Stereoskop usw. wird kurz, aber ausreichend verwiesen), dann die künstlichen Werkzeuge.

Das Buch dürfte seine Aufgabe erfüllen, und einige Ausstellungen, die im folgenden gemacht werden sollen, betreffen Einzelheiten, die dem Berichtenden noch verbesserungsfähig erscheinen.

Aus dem Brechungsgesetz will der Verfasser (S. 7) ableiten, daß für drei Mittel — in sofort verständlicher

Bezeichnung — $n_{21} = \frac{n_{31}}{n_{32}}$ ist. Er nimmt zwischen

1 und 2 eine Schicht von 3 an, läßt diese dünner werden und schließlich verschwinden, wobei sich der Austrittswinkel nicht ändere. Ebenso könnte man beweisen wollen, daß die Potentialdifferenz Zink—Kohle gleich den Differenzen Zink—Schwefelsäure + Schwefelsäure—Kohle wäre.

S. 11/12 stellt der Verfasser den Begriff „optische oder kollineare Abbildung“ auf, aber in sehr wenig klarer Weise. Nachdem er die Abbildung (des ganzen Raumes) im ebenen und die (des Brennpunkts) im elliptischen Spiegel erwähnt hat, bemerkt er: „Wenn (wie bei den vorigen Beispielen) alle Strahlen, die von einem Gegenstandspunkt *P* ausgehen, sich nach erfolgten Spiegelungen und Brechungen in einem bestimmten Bildpunkt *P'* schneiden, so spricht man von optischer Abbildung oder kollinear Abbildung; es entspricht dann jedem Punkt *P* und jedem Strahl *PA* des Gegenstandsraumes ein einziger Punkt *P'* und ein einziger Strahl *P'A* des Bildraumes“ — ein dem Wortlaute nach offenbar falscher Satz, wie schon das Beispiel des elliptischen Spiegels zeigt. — Zu einer einwandfreien Darstellung dürfte man nur dann kommen, wenn man das

Wort kollinear von vornherein im mathematischen Sinne für den Gaußschen Idealfall gebraucht, wie es der Verfasser später tut; von optischer Abbildung dagegen spricht, wenn ein von einem Punkte ausgehendes selbst nur unendlich dünnes Strahlenbündel wieder in einem Punkte vereinigt wird (bei einem endlichen Bündel kann man von scharfer Abbildung reden) und wenn man deutlich zwischen Abbildung eines Punktes und eines linienhaften, flächenhaften oder räumlichen Gebildes unterscheidet. — Mit dieser Unklarheit hängt auch zusammen, daß zwar auf den Unterschied zwischen Smith-Helmholtzischer Gleichung, Sinusbedingung und Airyscher Tangentenbedingung verwiesen wird, er aber nicht verständlich gemacht wird (S. 56 u. 59). — Es sei gleich bemerkt, daß die Tangentenbedingung in der angegebenen Allgemeinheit nicht richtig ist, sondern durch die Bowsche Bedingung ersetzt werden muß.

Das Vorzeichen der Brennweiten wählt der Verfasser im Einklange mit *Gauß*, anders als *Abbe*, verweist sorgsam auf diesen Unterschied. — Hier herrscht leider völlige Willkür: — Dagegen wäre wohl (S. 23) zu vermeiden gewesen, daß die Vergrößerung bei aufrechten Bildern negatives Vorzeichen erhält.

Der Satz S. 61 über Neuachromate ist nicht recht verständlich, vielleicht infolge eines Druckfehlers.

Daß die sphärischen und die Farbenfehler des Auges einander „kompensieren“ (S. 99), kann man wohl nicht gut sagen; sie fallen nur beim gewöhnlichen Gebrauch nicht auf (s. *M. v. Rohr*: Das Auge und die Brille, 2. Aufl., S. 15).

Die Rolle des Astigmatismus bei der Brille (in und außer der Achse) hat der Verfasser in drei Sätze zusammenfassen wollen (S. 107). — Hier ist er zu knapp gewesen und daher völlig unverständlich geblieben, ganz abgesehen davon, daß asphärische Flächen glücklicherweise nur für die stärksten, die Starbrillen, nötig sind. — Es sei auch hier auf das erwähnte Schriftchen von *M. v. Rohr* verwiesen. *Hans Bockhold, Jena.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Das neue Zeißsche binokulare Okular. Eine wesentliche Verbesserung der binokularen Fernrohre erzielte bekanntlich *Abbe* mit Hilfe der durch das Jenaer Glaswerk hergestellten neuen Gläser, die das sog. Porrosche Prismensystem in jeder Hinsicht gebrauchsfähig auszuführen und für die mannigfachsten Zwecke (Feldstecher mit erhöhtem Abstand der Objektive, Scherenfernrohre, Entfernungsmesser usw.) verwendbar zu machen erlaubte. Durch Anwendung dieser bildumkehrenden Prismensätze gelang es leicht, die Okulare zweier in ihren Größen ganz ansehnlicher nebeneinander montierter Fernrohre so weit zu nähern, daß entweder ein Beobachter beide Augen benutzen, oder zwei Beobachter gleichzeitig nebeneinander ein Okular der Fernrohre benutzen konnten.

Natürlich waren solche Instrumente, so schön auch die damit erreichten Bilder waren, wegen der großen Objektive und der schweren Montage für gewöhnliche Zwecke zu umfangreich und zu schwer transportabel, außerdem aber auch noch ziemlich kostspielig. Die optische Werkstätte ging schon lange darauf aus, es den Benutzern von Stativfernrohren zu ermöglichen, bedäugig zu beobachten, und kam schließlich mit einer Konstruktion heraus, die alle an ein solches Instrument zu stellenden Anforderungen erfüllt.

Das sogenannte binokulare Okular (Fig. 1) besteht der Hauptsache nach aus zwei bildaufrichtenden Prismensätzen und ermöglicht es, zunächst an jedem größeren astronomischen Fernrohr mit beiden Augen zugleich den Himmel zu beobachten, aber auch ebenso das astronomische Fernrohr zur Betrachtung irdischer Gegenstände ohne weiteres zu verwenden.

Dieser Vorteil schließt zugleich den andern ein, daß auch alle mit dem betreffenden Fernrohr verwendbaren astronomischen Okulare innerhalb der Brennweite von 25—5 mm für terrestrische Beobachtungen benutzt werden können und daß damit für die Betrachtungen irdischer Objekte eine erhebliche Anzahl von Vergrößerungen zur Verfügung steht.

Der Vorgang, der das von dem einen Objektiv kommende Licht auf die beiden Augen verteilt, ist folgender:

Das vom Objektiv herkommende, in den vorderen Prismenumkehrsatz (3) eintretende Licht teilt sich an der ersten schwach versilberten Reflexionsfläche so, daß es zur Hälfte (nach viermaliger Reflexion in den Prismen dieses Umkehrsatzes (3)) in die linke Okularsteckhülse (1) gelangt, die andere Hälfte durch die Silberschicht der ersten Reflexionsfläche hindurch geradenwegs in den hintergeschalteten Prismenumkehrsatz (2) einfällt und von diesem in gleicher Weise wie beim vorderen Umkehrsatz in die rechte Okularsteckhülse abgelenkt wird. Als Okulare können die gewöhnlichen Typen, natürlich stets zwei gleicher Brennweite für jede Vergrößerung, verwendet werden. Es sind dann noch am Okular zwei Bewegungsmöglichkeiten, Drehung um die Fernrohrachse zur Einstellung auf die Horizontale sowie eine Drehung der einen Prismenrommel um die andere zur Einstellung auf den Pupillenabstand vorhanden.

Das neue Okular kann an jedem größeren Fernrohr, welches ein festes Stativ besitzt, angebracht werden und leistet bereits mit Objektiven von nur 6 cm Durchmesser Vorzügliches. Erforderlich sind vor dem Gebrauche 1. peinlich genaue Einstellung der beiden Okulare, 2. genaue Einstellung auf den Abstand der beiden Pupillen voneinander (durch Drehen des einen Prismensatzes, um den anderen einzustellen), 3. ist erforderlich, daß der Beobachter stereoskopisch sehen kann.

Das Okular kann mit jedem größeren Stativfernrohr verwendet werden; als untere Grenze dürfte ein Objektiv von 6 cm Durchmesser anzusehen sein. Der Referent benutzt einen Tubus mit Objektiv von 8 cm, Brennweite 122 cm zur Beobachtung vom Mond und der großen Nebelflecke des Orion und der Andromeda sowie zur Durchmusterung sternreicher Gegenden, Plejaden, Krippe im Krebs usw., außerdem aber meist einen Tubus mit dreiteiligem Zeißschen Apochromaten, Durchmesser 6 cm, weil dieses Instrument auch bei starken Vergrößerungen (bis 170mal) völlig farbenfreie Bilder gibt und seine Lichtstärke hierzu völlig ausreicht (Fig. 2).

Die Vergrößerungen werden je nach den Objekten und Luftverhältnissen zu wählen sein. Der Referent verwendet an dem 6-cm-Apochromaten orthoskopische Okulare mit den Brennweiten 25, 18, 12,5 und 5 mm, welche die Vergrößerungen 34, 47,7, 68 und 170 mal geben, und fand diese für alle Bedürfnisse ausreichend. Wenn nun auch der Natur der Sache nach ein wahres stereoskopisches Bild nicht zustande kommt, so hat doch das Auge das Bestreben, die zwei gesehenen identischen Bilder zu einer körperlichen Erscheinung zu verbinden, um zu einer Raumanschauung zu gelangen.

Diese Tatsache bewirkt, daß man mit dem Okular gewissermaßen körperlich sieht.

Als Objekte für das binokulare Okular sind besonders geeignet: sternreiche Gegenden, welche mit schwachem Okular einer Durchmusterung unterzogen

Mond. Die Einsicht in die flachen Mare, in die zerrissenen Felsen und Abstürze der Apenninen oder des Kaukasus gewährt erst das Verständnis für die absonderlichen Verhältnisse unserer Trabanten. Die Bilder bleiben gleich interessant, ob man bei schwacher

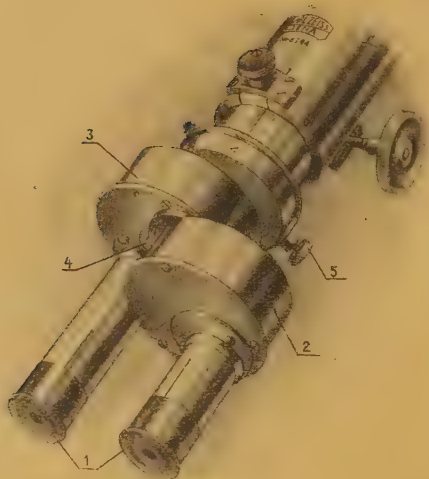


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

werden, dann größere Sternhaufen, wie Plejaden im Stier, Krippe im Krebs, und kleinere wie im Schützen, Herkules, Ophiuchus, Einhorn, vor allem aber bieten die großen hellen Nebel der Andromeda und des Orion ganz prachtvolle Bilder. Man glaubt diese kosmischen Massen wie Wolken frei im Raum schweben zu sehen und erstaunt, wie weit sie sich in ihrer Ausdehnung verfolgen lassen. Das am meisten für die neue Okulareinrichtung geeignete Objekt ist jedoch der

oder starker Vergrößerung beobachtet. Von besonderem Reiz sind mit schwacher Vergrößerung vergleichende Durchmusterungen der Farben und der Lichtintensitäten der Mondgebilde, welche mit nur einem Auge beobachtet, entweder nicht oder nur andeutungsweise in die Erscheinung treten.

Zu den schon erwähnten Vorzügen, welche die neue Vorrichtung gewährt, an jedem Fernrohr beidäugig beobachten zu können, der besseren Wahrnehmung geringer Lichtintensitäten und feinerer Farbenunterscheidung sowie dem plastischen Sehen, kommt noch hinzu, daß die gleichmäßige Benützung beider Augen es gestattet, länger und aufmerksamer zu beobachten und den Beobachter bei weitem nicht so schnell ermüden zu lassen, als es sonst erfahrungsgemäß beim monokularen Sehen der Fall ist; außerdem aber liefert das Okular aufrechte Bilder — nicht wie sonst das astronomische Fernrohr umgekehrte — wodurch es dem ungeübten Beobachter viel leichter ist, sein Fernrohr den Objekten nachzuführen.

Das binokulare Okular kann aber auch, durch ein besonderes Objektiv ergänzt, zu Nahbeobachtungen, z. B. von scheuen Tieren, Vögeln und überhaupt gewissermaßen als Feldstecher mit Vergrößerungen bis zu 12 mal verwendet werden; Fig. 3 zeigt das Instrument in dieser Gebrauchsform.

A. Seitz.

Wald und Mensch (Raphael Zon, *Forests and human progress*, The Geographical Review, 9, 139—166, 1920). Die Beziehungen des Menschen zum Walde vollziehen sich im Laufe der Zivilisation in drei Phasen. Zuerst übt der Wald einen beherrschenden

Einfluß auf den Menschen und seine Werke aus, dann entzieht sich dieser der bisherigen Abhängigkeit, um endlich den Wald seinerseits zu beherrschen. — Die unterholzdurchwucherten oder sumptigen, pfadlosen und mancherlei Gefahren bergenden, zudem der ursprünglichen Wirtschaft wenig Nutzen bringenden Urwälder setzen unter allen Breiten dem Eindringen des minder zivilisierten Menschen erheblichen Widerstand entgegen. Daher dehnen sich die vorgeschichtlichen Niederlassungen ebenso wie die großen Reiche des Altertums in der Alten und in der Neuen Welt (orientalische Reiche, Peru) in waldfreien Regionen aus. Daher fand die Ausbreitung des Römerreiches und das Vordringen der mongolischen Horden im Mittelalter am Saume der mitteleuropäischen Wälder seine Grenze. Wegen ihrer Unzugänglichkeit und ihrer geringen, nur auf den Rand beschränkten Nutzbarkeit dienen die großen Waldgebiete, gelegentlich noch durch Verhaue verstärkt, als Völkergrenzen, einst z. B. in Deutschland (Sachsenwald, Böhmerwald usw.), gegenwärtig u. a. in Zentralafrika. Gleichzeitig dienen die gemiedenen Waldeinöden aber auch als Zufluchtsstätte für widerstandslose, dem Joche ihrer stärkeren Nachbarn zu entgehen bestrebten Völker (Wedda, Negritos, Aino, Boto-kuden) oder für Menschen, die die übrige Gesellschaft meiden, sei es in freier Wahl wie die Mönche der Alten und die Quäker der Neuen Welt, sei es mehr oder weniger unfreiwillig, wie die Briganten in den Korsischen Maquis oder die schmuggelnden „Moonshiners“ von Tennessee und Kentucky. Das unter allen Breiten gleichförmige Waldleben bedingt Ähnlichkeit der Wirtschaft, der Sitten und schließlich auch der Körper- und Geistesbildung. Die spärliche Ausbeute der Jagd, der Sammeltätigkeit und des Fischfanges führt zu Unterernährung, Zwergwuchs (Pygmäenvölker) und Kannibalismus. Infolge der Abgeschlossenheit bleibt der geistige Horizont beschränkt. Die politische Organisation bleibt auf der Stufe des Stammeslebens stehen. Der Krieg ist ein bloßer Abwehrkampf, List und Hinterhältigkeit vertreten den Mut (vergiftete Waffen). Das Waldleben beeinflusst die Bildung religiöser Vorstellungen (Animismus), auf höherer Entwicklungsstufe auch das lyrische Empfinden.

Die ersten Schritte zur Vernichtung der ursprünglichen Walddecke setzen ein mit dem Übergange vom nomadischen Leben zur Sesshaftigkeit oder mit beginnender Übervölkerung in Gebieten längerer Ansässigkeit (in Südeuropa im Altertum, in Mitteleuropa im Mittelalter, in Afrika unter unseren Augen). Der spätere Ankömmling findet das waldfreie Land besetzt und dringt gegen den Wald vor (so der Germane nach dem Slaven, der brasilische Kolonist nach dem Kreolen und dem Neger). Auf Wald bezugnehmende Ortsnamen werden gebildet (in Deutschland insgesamt 6905). Inselförmige Rodungen lichten den Wald. Seine Früchte, Eicheln und Bucheckern werden zu Mast und Nahrung gesammelt (Arkadien), es werden Tiere gezähmt (Füchse in Neufundland), Honig gewonnen, auf frisch geklartem und mit der Brandasche der Vegetation gedüngtem Boden Pflanzungen angelegt, die, wenn sie erschöpft, verlassen und, nachdem sie sich wieder erholt, wiederum bebaut werden. Aber nicht diese extensive Wirtschaft, sondern der wachsende Bedarf an Nutzholz, besonders beim Mangel an sonstigem Baumaterial, an Brennholz, Holzkohle, Pech, Gerberlohe usw. läßt die Waldfläche einschrumpfen, und dies um so rascher, wenn mit wachsender Zivilisation zum eigenen Gebrauch die Ausfuhr hinzukommt. Kohlenmeiler, Schmieden, Kalköfen, Glashütten tun ein

Übriges. Die Ausbeutung des Waldes unterstützen die Flüsse, deren Bedeutung aber mit zunehmendem Straßenbau wieder geringer wird (Schwinden der Holzflößerei in den deutschen Gebirgen). Das Waldleben beeinflusst auf dieser höheren Stufe der Zivilisation den Charakter der Waldbewohner durch Entwicklung von Ausdauer, Erfindungssinn, Selbständigkeit, Mut, Männlichkeit, Eigenschaften, die den amerikanischen Hinterwäldler zum Führer erzogen (Henry Clay, Jackson, Abraham Lincoln) und in Europa kolonisierende Völker schufen. — Dieser Kampf zwischen Zivilisation und Wald, dessen jeweiligen Stand das Verhältnis der Waldfläche der Länder zu ihrer Bevölkerungsdichte widerspiegelt und das hin und her schwankt, indem jedem Rückgang der Zivilisation eine freilich nicht immer vollständige Wiederherstellung des Waldes folgt (Siedlungsspuren im scheinbaren Urwald Mittelamerikas; dagegen Verkarstung der Friauler Wälder), führt endlich zum endgültigen Siege des Menschen, der gegenwärtig in den Kulturländern im ganzen erreicht erscheint. Dabei ist die Zusammensetzung der Wälder eine andere geworden; die besseren und daher rascher der Rodung verfallenden Boden beanspruchenden Laubhölzer treten zurück gegenüber den sich mit leichteren Böden begnügenden, übrigens auch wegen ihrer größeren Wirtschaftlichkeit bei der Aufzucht bevorzugter Nadelholzbestände. Auf der Höhe der Zivilisation angelangt, bedarf der Mensch ins Ungeheure wachsender Holzmassen, deren Gewinnung im Raubbau schwere Nachteile hervorruft. Die ausgedehnten entwaldeten Flächen verfallen der Abspülung, der regelnde Einfluß des Waldbodens auf die Entwässerung fällt weg. Wildwässer, Überschwemmungen und Verwüstungen des Vorlandes sind die Folge. Durch die Abholzung werden z. T. auch sandige, felsige, für den Ackerbau nicht zu verwertende Flächen bloßgelegt, die im Verein mit den von Waldbränden verwüsteten ausgedehnten Ödländereien bilden, die der Zivilisation Halt gebieten und in denen verlassene Siedlungen, verfallende Sägemühlen usw. traurige Denkmäler vergangener Wirtschaftsbüte sind (Osten der Vereinigten Staaten). Gleichzeitig mindert sich der günstige Einfluß des Waldlebens auf die Bevölkerung, die sich physisch in dem Maße verschlechtert, indem die Industrie zunimmt. Die Aussicht, in absehbarer Zeit den Wald völlig vernichtet und sich einer grundlegenden Hilfsquelle beraubt zu sehen, zwingt die Länder endlich zur Pflege ihres noch vorhandenen Waldbesitzes, zum Übergange zu geordneter Waldwirtschaft. Ihr oberstes Ziel, die Aufforstung aller für den Ackerbau minder geeigneten Ländereien, wird nunmehr in allen zivilisierten Ländern verfolgt, neuerdings auch in England, das des ihm zu Gebote stehenden billigen Wasserweges wegen auf eigene Forstwirtschaft verzichtet hatte und dieses Versäumnis im Kriege teuer bezahlen mußte.

B. Brandt.

Astronomische Mitteilungen.

Messungen der Farben, Helligkeiten und Durchmesser der Fixsterne mit Anwendung der Planckschen Strahlungsgleichung¹⁾. Von J. Wilsing. Zu den Pionierarbeiten der heutigen Astronomie gehört unstreitig auch die vorliegende. Wilsing zeigt uns ein

¹⁾ Publik. d. astrophys. Observat. Potsdam Bd. 24. Heft 3.

Verfahren, die Temperaturen der Fixsterne mit einfachen Mitteln zu bestimmen, wobei die Genauigkeit etwa die gleiche ist, wie bei den bekannten Bestimmungen von *Scheiner* und *Wilsing* am Potsdamer 80-cm-Refraktor, der Arbeitsaufwand aber nur der dritte Teil, das Instrument ein 4-Zöller. Pionierarbeit ist sie insofern, als neben den erforderlichen Laboratoriumsbestimmungen und Vorversuchen sowie theoretischen Entwicklungen das endgültige Verfahren nur auf 43 Sterne bis zur 4. Größe an etwa 15 Beobachtungsabenden angewandt wird. — Der Inhalt der Arbeit ist in der Hauptsache folgender:

Die gewöhnliche astronomische Spektralphotometrie vergleicht die Intensitätsverhältnisse zwischen der Strahlung eines Sterns und einer elektrischen Glühlampe für verschiedene Wellenlängen. Die Photometerlampe wird wieder entsprechend mit der Strahlung eines künstlichen sogenannten „schwarzen Körpers“ verglichen. Die Plancksche Strahlungsgleichung liefert dann die „effektive“ Temperatur der Oberfläche des Sterns. Das spektrale Auseinanderziehen des Sternenlichtes hierbei bedingt, daß mit dem 80-cm-Refraktor nur hellere Objekte beobachtet werden konnten. Die effektiven Temperaturen lagen hierbei zwischen 20 000° und 2000° C. Weiter zeigte sich, daß die Farbenskalen für die Sterne, die von rein weiß bis tief rot gehen, sich eng an die Temperaturskalen anschließen. Um nun mit kleineren Fernrohren ebensoweit oder noch weiter zu kommen, wäre es theoretisch am einfachsten, praktisch aber unerreicherbar, einem terrestrischen Strahler derart hohe Temperatur in meßbarer Form zu erteilen, bis seine Farbe, d. h. der physiologische Gesamteindruck aller Spektralfarben, die gleiche ist, wie die des zu beobachtenden Sternes.

Wilsing geht nun den umgekehrten Weg. Er verändert in meßbarer Weise die Strahlung der Sterne, schwächt die violetten, blauen usw. Teile des Spektrums mehr als Gelb und Rot, so daß die Farbe des Sterns nun mit der einer gewöhnlichen Glühlampe verglichen werden kann, und erhält so die effektive Temperatur der Sterne. — Zwei Wege standen ihm hierfür offen. Einmal die selektive Reflexion von Goldspiegeln, die nach den Untersuchungen von *Hagen* und *Rubens* erwarten ließ, daß durch mehrfache Reflexion die „Temperatur“ der Sterne von 25 000° auf 2500° herabgesetzt werden konnte, was auch einige Versuche mit *Sirius* und *Rigel* bestätigten. Doch wurde auf diese Methode nicht weiter eingegangen. Der andere Weg, die selektive Absorption farbiger Gläser, führte völlig zum Ziele. Nach verschiedenen Voruntersuchungen wurde schließlich in folgender Art beobachtet. An einen provisorisch aufgestellten 4-zölligen Kometensucher wurde ein Zöllnersches Photometer gesetzt, auf dessen Okular noch ein Auslöschkeilphotometer kam. Letzteres enthielt aber statt des Rauchglaskeils einen Keil aus rotem Jenaer Glas, dessen dünnes Ende die Farbe der Sterne nur unmerklich änderte, während durch die dicken Partien gesehen die Farbe auch der weißesten Sterne gleich der des künstlichen Photometersterns gemacht werden konnte. Die Reduktionskonstanten dieses farbigen Keils wurden mit einem gewöhnlichen Spektralphotometer für 10 Stellen des optischen Spektrums ermittelt, wodurch die einer bestimmten Keilstellung entsprechende

Reduktion der effektiven Temperatur sich ergab. Die Beobachtung eines Sterns bestand dann darin, daß durch den Intensitätskreis des Zöllnerschen Photometers und den Schlitten des farbigen Keils der natürliche und der künstliche Stern solange geändert wurden, bis sie nach Helligkeit und Farbe einander gleich waren. Wäre nun die Temperatur der Photometerlampe bekannt, ferner aber auch noch die selektiven Absorptionen des Stern- und Photometerlichtes beim Durchgang durch Objektiv, Nikols usw., so könnte man nun die Helligkeiten und Temperaturen der Sterne ermitteln. Statt der hierfür nötigen schwierigen Sonderuntersuchungen, die zur Überwachung des Instruments ständig hätten fortgeführt werden müssen, wurde der Nullpunkt der Temperaturskala so gewählt, daß er für 4 bestimmte Sterne mittleren Spektraltypus mit den früheren spektralphotometrischen Ergebnissen zusammenfiel. Entsprechend wurden die Helligkeiten an den Generalkatalog der Potsdamer photometrischen Durchmusterung angeschlossen.

Die Diskussion zeigt dann, daß die kolorimetrischen Temperaturen gut mit den spektralen harmonieren, desgl. die Helligkeiten mit den photometrischen Ergebnissen. Ich übergehe der Kürze wegen die in der Arbeit weiter folgenden Untersuchungen über die Farbenempfindlichkeit des normalen Auges, die selektive Absorption in der Atmosphäre, die Beziehungen zwischen kolorimetrisch und spektral erhaltener Temperatur einerseits, optischen, photographischen und photoelektrischen Größen und Farbenindizes andererseits und komme noch zu *Wilsings* Bestimmung der Fixsterndurchmesser. Bei bekannter Helligkeit und Entfernung eines Sternes ist auch seine Leuchtkraft bestimmt, d. h. wieviel mal sein Gesamtlicht heller oder schwächer als das der Sonne ist. Andererseits gibt uns das Verhältnis von effektiver Temperatur des Sterns zu der der Sonne durch die Plancksche Gleichung das Verhältnis ihrer Oberflächenintensitäten; letzteres zusammen mit der Leuchtkraft also schließlich den Durchmesser des Sternes, bezogen auf den der Sonne. *Wilsing* führt diese Rechnung für 104 Sterne aus. Bei Ordnung des Materials nach der Temperatur bzw. nach dem Spektraltypus zeigt sich, daß die heißesten Sterne (B-, A-Typus) etwa den doppelten bis 10-fachen Sonnendurchmesser haben, daß dieser dann aber sehr stark zunimmt, je kälter der Spektraltypus wird (bis zum über 100-fachen der Sonne⁴). Es steht dies nicht im Widerspruch mit den heutigen Ansichten von Riesen und Zwergen unter den Fixsternen, da *Wilsing* von den späten Spektraltypen nur bekannte „Riesen“ gemessen hat.

Hoffentlich findet diese „Pionierarbeit“ auch in Deutschland bald Nachfolger, da auch manche unserer Sternwarten wohl in der Lage ist, die hierfür erforderlichen einfachen Hilfsmittel sich zu beschaffen. Dann werden auch einige Fragen, die bei einem derartigen Thema sich von selbst einstellen, weitere Klärung finden. — Eine Kleinigkeit möchte ich noch an der äußeren Form der Veröffentlichung aussetzen: sie enthält keine Kapiteleinteilung, Abschnittsüberschriften oder dgl., was ihre Lektüre immerhin etwas erschwert.

J. Hopmann.

⁴) Vengl. Naturwiss. 1921, S. 191.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 38. (Seite 753—768)

23. September 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Körperliche und geistige Konstitutionen. Von *E. Bleuler, Zürich*. S. 753.
Oswald Spenglers „Untergang des Abendlandes“ und seine Stellungnahme zum Darwinismus. Von *Hermann von Voß, Berlin*. S. 756.

Die Bedeutung der vollständigen Sonnenfinsternis im September 1922 für die Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie. (Mit 5 Abbildungen) Von *Otto Birck, Potsdam*. S. 760.

Besprechungen:

Döring, Th., Analytische Chemie. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 761.

Bernthsen, A., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 15. Auflage. Von *P. Friedländer, Darmstadt*. S. 764.

Roth, W. A., Physikalisch-chemische Übungen. 3. Auflage. Von *I. Koppel, Berlin-Pankow*. S. 765.
Ludewig, P., Radioaktivität. Von *Fritz Paneth, Hamburg*. S. 765.

Preuß, E., Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit

Hilfe des Mikroskopes. Zweite Auflage. Von *G. Masing, Berlin*. S. 765.

Beiträge zur Metallurgie und andere Arbeiten auf chemischem Gebiet. Festgabe zum 60. Geburtstag für Hans Goldschmidt. Von *G. Masing, Berlin*. S. 766.

Alexander-Katz, Bruno, Quarzglas und Quarzgut. Von *Herschkowitsch, Jena*. S. 766.

Schmitt, Waldo L., The marine decapod Crustacea of California. Von *H. Balg, München*. S. 766.

Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 4. Auflage. Von *E. Küster, Gießen*. S. 767.

Domarus, A. von, Methodik der Blutuntersuchung. Von *A. Lazarus, Berlin-Charlottenburg*. S. 767.

Bühler, Karl, Abriß der geistigen Entwicklung des Kindes. Von *Hans Gruhle, Heidelberg*. S. 767.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. S. 767.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Naturgeschichte der Seele und ihres Bewußtwerdens

Eine Elementarpsychologie

Von

Dr. Eugen Bleuler

o. Professor der Psychiatrie an der Universität Zürich

Mit 4 Textabbildungen. (VI, 344 S.)

Preis M. 66.—; gebunden M. 78.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Rütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlichen 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40/0 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120.
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Methodik der Blutuntersuchung

Mit einem Anhang

Zytodiagnostische Technik

Von Dr. A. v. Domarus

Direktor der inneren Abteilung des Auguste Victoria-Krankenhauses in Berlin-Weißensee

Mit 196 Textabbildungen und einer Tafel. (XII, 489 S.)

(Aus „Enzyklopädie der klinischen Medizin“
Allgemeiner Teil)

Preis M. 58.—

Siehe auch die Besprechung auf Seite 567
dieser Nummer!

WARUM

haben Sie sich bei Ihrem Bedarf an
Büchern bisher noch nie an mich gewandt?
Ich beschaffe Ihnen

ALLE

Werke, vergriffen auf Wunsch auch
antiquarisch zu angemessenen Preisen.
Bedenken Sie, dass die

BÜCHER

bei der jetzigen allgemeinen Teuerung
in guter Ausstattung noch die billigsten
Erzeugnisse sind und daher auch als
Geschenk die dankbarste Anerkennung
finden. Wünschen Sie ein Verzeichnis

UMSONST?

So Schreiben Sie noch heute an

(252) **KARL W. GRUHL,**

Versandbuchhandlung,
LEIPZIG 38, Scharnhorststr. 63.

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten. (286)

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Test-
platten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu ver-
langen: Liste über neue Schulsammlung mit Text-
heft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften

aller Jahrgänge, auch einzelne

kauft

Walther Brinkmann

Leipzig-Schönefeld. (425)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes

Kurze Anleitung für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte

von

Dr.-Ing. **E. Preuß** †

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

herausgegeben von

Prof. Dr. **G. Berndt**

Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg
und

A. Cochius, Ingenieur

Leiter der Materialprüfungsabteilung der Fritz Werner A.-G.
Berlin-Marienfelde

Mit 153 Figuren im Text und einer Tafel. (VIII, 124 S.)

1921. Preis M. 14.—; gebunden M. 18.40

Siehe auch die Besprechung auf Seite 565
dieser Nummer!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

23. September 1921.

Heft 38.

Körperliche und geistige Konstitutionen.

Von E. Bleuler, Zürich.

Vor einem Vierteljahrhundert hat *Kraepelin* gezeigt, daß die Hauptmasse unserer endogenen Geisteskrankheiten sich in zwei Typen sondern läßt: einen, der sich am ehesten durch das Vorkommen von Affektschwankungen charakterisiert (manisch-depressives Irresein, *zirkuläre oder zyklische Formen*) und einen andern, den er in seinen schwereren verblödenden Formen *Dementia praecox* nannte, für dessen ganzen Formenkreis nun aber der Ausdruck der *Schizophrenie* gebräuchlich geworden ist¹⁾. Immer deutlicher hat sich dann herausgestellt, daß diese Krankheitsgruppen nur die besonders ausgesprochenen Gipfelpunkte von Anlagen sind, die sich von den eigentlichen Krankheiten durch die verschiedenen Psychopathien bis in die Gesundheit hinein verfolgen

¹⁾ Das „manisch-depressive Irresein“, dessen in regelmäßigeren Schwankungen verlaufende Typen als „zyklisches“ oder „zirkuläres“ Irresein bezeichnet werden, besteht hauptsächlich darin, daß einzelne oder viele Anfälle von Melancholie oder Manie auftreten, vor und zwischen und nach denen der Patient nicht krank erscheint. Die Melancholie besteht hauptsächlich in sonst nicht motivierter Traurigkeit, Ängstlichkeit, Hemmung des Willens, der Handlungen überhaupt, Neigung, sich selbst schlecht zu beurteilen. Die manischen Zustände zeigen das gegenteilige Bild, krankhaft gehobenes Selbstgefühl, überhandnehmende unausgesetzte Tätigkeit usw. Unter „Zyklothymikern“ versteht *Kretschmer* Leute, die das effektive Verhältnis der Manisch-Depressiven zur Umgebung und eine einheitliche Affektivität überhaupt haben. Die meisten derselben sind gesund (vgl. die Anmerkung am Schlusse); von ihnen aus aber gibt es alle Übergänge zu den eigentlich Kranken.

Die Schizophrenie ist eine so vielgestaltige Krankheit, daß sie sich nicht kurz beschreiben läßt. Zu ihr gehören die zu chronischer Verblödung führenden Psychosen, die meist mit Halluzinationen und Wahnideen und zeitweisen Aufregungen verlaufen. Es gibt aber recht häufige Fälle, die praktisch heilen, wenn auch allerlei Sonderbarkeiten oft an die überstandene Krankheit erinnern. Häufig bleibt die Psychose auf einem so geringen Grad der Entwicklung stehen, daß sie nur durch besondere Umstände manifest wird; man spricht dann von „latenter Schizophrenie“. In der Vorgeschichte der Kranken selbst und bei vielen ihrer Blutsverwandten finden wir ganz gewöhnlich bestimmte Eigentümlichkeiten, ohne daß die Leute als krank angesehen werden können. Solche Charakterzüge zu schildern, ist *Kretschmer* besser als seinen Vorgängern gelungen, wenn er auch den ganzen Formenreichtum der Symptome nicht erschöpft. Man nannte sie „Schizoide“, *Kretschmer* braucht hier auch den Ausdruck „Schizothymiker“ mit einseitiger Hervorhebung der allerdings besonders wichtigen affektiven Seite.

lassen. Man sprach zuerst von „Zyklothymien“, den Wochen bis Jahre dauernden Affektschwankungen nach oben und nach unten, die, bei vielen Gesunden angedeutet, in ihren stärkeren Ausprägungen als Nervenkrankheiten und in den höchsten Graden als Geisteskrankheiten aufgefaßt werden mußten, und von „latenten Schizophrenien“, die sozial nicht als Geisteskrankheiten zu werten waren, aber unter bestimmten Umständen oder bei genauerem Zusehen als die nämlichen Prozesse angesehen werden mußten wie die ausgesprochene Schizophrenie. Dann hat sich, namentlich bei Hereditätsforschungen, gezeigt, daß man einen großen Teil der Psychopathen in „zykloide“ und „schizoide“ einteilen kann, und endlich, daß die beiden Typen sich auch in den gesunden Charakteranlagen als Zyklothyme und Schizothyme nachweisen lassen. Außerdem haben sich neue Erkenntnisgruppen gebildet, anschließend an das Studium der Einflüsse der inneren Sekretion auf die Psyche und zugleich auf die Körperkonstitution zuerst von besonderen Drüsen (Kropfdrüse, Nebennieren, Hirnanhang usw.), dann des ganzen Körperchemismus; ferner brachten die Erblichkeitsforschungen sowohl alten Stils wie das Hineintragen Mendelscher Vorstellungen und endlich die genauere Durchforschung ganzer Familien neues wichtiges Material, das sich in den früheren Systemen nicht mehr unterbringen ließ. So mußten die alten Anschauungen und die Krankheitsbegriffe der Psychosen und ihre Zusammenhänge mit der körperlichen und geistigen Konstitution des Individuums und der Familie Stück für Stück abgebaut werden, und hoffnungsfreudig aber praktisch ratlos stand man seit einigen Jahren an den Trümmern und wußte nicht, wie die gewonnenen verwirrenden Erkenntnisse zu einem systematischen Neubau zu gestalten.

Wenn ich mich nicht trüge, ist nun der Entwurf des Neubaus und das Fundament dazu gelegt worden von *Ernst Kretschmer* in Tübingen¹⁾.

Der Autor untersuchte an 175 Schizophrenen und 85 Zirkulären und einer Anzahl dysplastischer (d. h. durch Entwicklungsstörungen gekennzeichneten) Typen die Konstitution, soweit sie sich im Körperbau ausdrückte, nach einem von ihm ausgearbeiteten eingehenden Schema, zuerst mit dem in dieser Richtung besonders geübten Auge des Arztes und, wenn man will, des plasti-

¹⁾ Körperbau und Charakter. Berlin, Julius Springer, 1921: IV, 192 S. und 31 Abbildungen. Preis geh. M. 56,—; geb. M. 66,—.

schen Künstlers; dann mit Bandmaß und Tasterzirkel, woraus er das Gemeinsame und die Verschiedenheiten herausarbeitete, wie Typenphotographien. Das Material wurde später auf ungefähr 400 Fälle ergänzt, die in der Publikation nicht direkt benutzt sind, aber die Resultate der ersten Serie bestätigen. Abgesehen von den Dysplastischen konnten auf diese Weise drei Typen herausgehoben werden, die in ihrer Kompliziertheit hier nicht beschrieben, sondern nur angedeutet werden können. Bei Männern drücken sich die Formen viel deutlicher aus als bei Frauen.

I. Am häufigsten war ein im Anschluß an *Stüller* und *Bauer* wohl nicht ganz glücklich *asthenisch* genannter Typus, bei dem man im ganzen geringes Dickenwachstum, geringes Körpergewicht, wenig entwickelte Muskulatur, langen, schmalen, flachen Brustkorb bei unvermindertem Längenwachstum findet. Die Form läßt sich von der Kindheit bis ins Alter gut erkennen, wenn auch viele Asthenische früh altern. Das Gesicht neigt zu ausgesprochenem Winkelprofil (vorgehobene Nase, zurücktretendes Kinn) und von vorn gesehen zur „verkürzten Eiform“ mit ihrer gesteigerten Nasenlänge und schwacher Entwicklung des Unterkiefers. Die primäre Behaarung (Kopf und Lanugo) ist häufig stark in Ausdehnung und Dichtigkeit, die terminale Behaarung (Bart, Pubes, Achselhöhle) dagegen schwach; die Haut neigt zu Blässe, oft mit einem Stich ins Gelbliche oder Bräunliche. Sehr häufig verquickt sich der Typus mit verschiedenen Dysplastien.

II. Der *athletische Typus* ist gekennzeichnet durch die starke Entwicklung des Skeletts, der Muskulatur und auch der Haut. Die Schultern laden breit aus; der untere Teil des Halses wird in der Vorderansicht von der Kontur des Trapezius beherrscht; der Bauch ist straff. Im Gesicht erreichen die mittleren Partien hohe Maßwerte; das Kinn ist gut herausgearbeitet. Oft besteht Neigung zu Acne.

III. Der *pyknische Typus*¹⁾ ist am deutlichsten im mittleren Lebensalter und zeigt starke Umfangsentwicklung der Eingeweidehöhlen, Neigung zu Fettansatz am Stamm bei mehr grazier Ausbildung des Bewegungsapparates. Auch das Gesicht hat die Tendenz ins Breite, Weiche, Abgerundete. Die Haut neigt zu Röte infolge von Durchschimmern, aber auch von funktionellen Erweiterungen der Hautgefäße. Die gegenseitigen Höhenverhältnisse der Gesichtsteile sind im ganzen harmonisch, die Gesichter überhaupt regelmäßig; in der Vorderansicht sind die Seitenlinien oft senkrecht, so daß leicht ein fünfeckiger Umriß entsteht. Die Kopfhare wachsen nicht weit gegen das Gesicht hin; es besteht Neigung zu Glatzen, die zum Unterschied von den schizo-

phrenen Glatzen klar begrenzt sind, und eine polierte Haut zeigen. Der Bart ist gleichmäßig verteilt. Genital- und Achselbehaarung ist oft auffallend stark, das Genitale klein.

Die dysplastischen Formen übergehen wir hier.

Kretschmer fand nun, daß sich die drei Typen in folgender Weise auf die beiden Krankheitsgruppen verteilen:

	Zirkuläre	Schizophrene
Asthenisch	4	81
Athletisch	3	31
Asthenisch-athletisch gemischt	2	11
Pyknisch	58	2
Pyknische Mischformen	14	3
Dysplastisch	—	34
Verwaschene und nicht rubrizierbare Bilder	4	13
Insgesamt	85	175

Die Unterschiede sind so durchschlagend, daß ich zunächst an einen Untersuchungsfehler gedacht hätte, wenn ich nicht die Sorgfalt der Tübinger Schule kannte. So aber wird die Tabelle beweisen, daß die von *Kretschmer* herausgearbeiteten Typen eine biologische Existenz haben, und daß sie in der Weise mit psychischen Krankheiten zusammenhängen, daß der pyknische sehr enge Beziehungen zum manisch-depressiven Irresein, der asthenische und der athletische ebenso nahe zur Schizophrenie besitzen. Dieses Resultat wird noch auffälliger durch die genauere Zergliederung der 7 asthenischen und athletischen Fälle, die psychisch zu den zirkulären eingereiht worden sind: sie alle zeigen schizoide Symptome, sei es persönlich, sei es in der nahen Verwandtschaft. Auch die sonst schon auffallenden aber immer noch unklaren Zusammenhänge schizophrener Formen mit Epilepsien und Oligophrenien (angeborenen Schwachsinnformen) drücken sich in *Kretschmers* Einzelerhebungen aus. Zum erstenmal ist hier angedeutet, was ich stärker betonen und ganz bestimmt sagen möchte, daß die Neuren, oder wenigstens die meisten derselben, zu den schizoiden Typen gehören. Dadurch unterscheidet sich *Kretschmers* Idee besonders deutlich von dem ähnlichen Versuch *Jungs*, einen Introversions- und einen Extroversionstypus²⁾ einander gegenüberzustellen, von denen der erstere ungefähr dem schizoiden entsprechen würde, beim letzteren aber von *Jung* an hystericähnliche psychische Richtungen, gar nicht aber an den zyklischen Typus gedacht wurde²⁾.

¹⁾ *Extroversion*: Die Gefühle gelten hauptsächlich dem Objekt, der Außenwelt, und werden lebhaft geäußert. *Introversion*: Die Gefühle sind mehr den eigenen Vorstellungen (und Strebungen) als der objektiven Wirklichkeit zugewandt; dabei besteht Neigung, sich nach außen abzuschließen. Die krankhafte Übertreibung dieses Typus würde die Schizophrenie bilden.

²⁾ In seiner letzten ausführlichen Publikation (Psycholog. Typen, Zürich, Rascher, 1921) behandelt *Jung* die beiden Typen mehr als funktionelle Einstellungen wie als Formen angeborener geistiger Konstitution.

¹⁾ „Pyknisch“ wäre etwa zu übersetzen: „mit gedungenem Körperbau“.

Das Resultat *Kretschmers* stimmt mit vielen meiner Erfahrungen, läßt sich aber mit einigen andern nicht direkt vereinigen. Namentlich widersprechen meine Beobachtungen in Rheinau und Burghölzli entschieden dem biologischen Zusammenbringen der schizophrenen Disposition mit der Tuberkulose, trotzdem solche Ansichten seit langem von verschiedenen Seiten geäußert worden sind. Auch scheinen die Maßunterschiede oft so gering, daß man sich fragt, ob der Verfasser wirklich aus ihnen seine Schlüsse gezogen habe, oder ob er nicht seine Typen mit dem Augenmaß und der Intuition und viel weniger durch die exakte Methode geschaffen habe. Das werden weitere Studien ergeben. Ich möchte aber davor warnen, ohne ganz genaue Orientierung durch die Tübinger Forscher selbst oder gar nur dilettierend, diese Resultate nachprüfen zu wollen. Hier gibt es nur ein geduldiges und peinlich genaues Materialsammeln bei angeborenem Blick für die Körperformen und großer Übung, oder dann Konfusion.

In einem kurzen aber besonders wichtigen Kapitel bespricht *Kretschmer* den Konstitutionsaufbau, für den die untersuchten Psychosen eigentlich nur einen Index darstellen, da er ja die nämlichen Typen auch bei nicht geisteskranken Psychopathen und bei Gesunden nachwies. Irgendeine Wertung in bezug auf Gesundheit oder Krankheit, größere oder geringere Leistungsfähigkeit liegt in den Typen nicht, Zyklothyme und Schizothyme sind meist Gesunde. Durch Vererbung von verschiedenen Vorfahren können sich die Typen im einzelnen Individuum zu „konstitutionellen Legierungen“ verbinden; sie können sich auch überkreuzen, „indem der körperliche Habitus des einen Typus mit dem psychischen des andern verbunden ist, und gemischte Typen können infolge des auch auf anderen Gebieten bekannten „Dominanzwechsels“¹⁾ mit dem Altern im Haupteindruck von einem Typus zum andern (scheinbar) übergehen. „Körperbau und Psychose stehen nicht in einem direkten klinischen Verhältnis zueinander. Der Körperbau ist nicht ein Symptom der Psychose, sondern: Körperbau und Psychose, Körperfunktion und innere Krankheit, gesunde Persönlichkeit und Heredität sind jedes für sich Teilsymptome des zugrundeliegenden Konstitutionsaufbaus, zwar unter sich durch affine Beziehungen verknüpft, aber nur im großen Zusammenhang aller Faktoren richtig zu beurteilen.“ Wichtig ist nicht nur der Gegensatz Hirn—Psyche, sondern auch der Soma—Psyche.

Die so gewonnenen Einsichten werden nun von *Kretschmer* an eingehenden Familienforschungen weiter verfolgt. Da ergeben sich für die

manisch-depressiven Konstitutionen folgende Merkmale:

1. gesellig, gutherzig, freundlich, gemütlich;
2. heiter, humoristisch, lebhaft, hitzig;
3. still, ruhig, schwer nehmend, weich.

Damit ist das Bild verständlich gezeichnet, aber nicht erschöpft. Von *Kretschmer* vielleicht zu wenig herausgehoben, aber für manchen das wichtigste Neue im Begriff des „zyklischen“ Typus ist das, daß weder affektive Schwankungen noch dauernde Verstimmungsverschiebungen von der Mittellage aus zu diesen Charakteren gehören müssen. Das Wesentliche der jetzt noch zyklisch genannten Konstitution liegt in der Art der ganzen Affektivität und ihres Zusammenhanges mit dem Ich in seiner Totalität.

Die *schizoiden Temperamente* haben namentlich folgende Eigenschaften:

1. Ungesellig, still, zurückhaltend, ernsthaft (humorlos), Sonderling;
2. schüchtern, scheu, feinfühlig, empfindlich, nervös, aufgeregt, Natur- und Bücherfreund;
3. lenksam, gutmütig, brav, gleichmütig, stumpf, dumm. Sie sind nicht entweder überempfindlich oder kühl, sondern überempfindlich und kühl zugleich.

Die schizothyme Sexualität wird von *Kretschmer* an den eigentlichen Schizophrenen geschildert; sein Bild braucht aber nur abgeschwächt zu werden, um auf die ausgesprochenen nicht geisteskranken Schizothymen übertragen werden zu können: sie haben eine nicht recht eindeutige, nicht recht zielsicher und gerade sich durchsetzende Sexualität, oft bei sexueller Triebschwäche oder teilweiser Überreizung.

Kretschmer zeigt dann diese Typen in einzelnen ihrer Gestaltungen an Durchschnittsmenschen und schließlich an den Genialen, Künstlern, Wissenschaftlern und Führern. Unter den Zyklothymen erwähnt er u. a. Luther, Liselotte v. der Pfalz, Goethes Mutter, Gottfried Keller, Jeremias Gotthelf, Fritz Reuter, Hermann Kurz, Heinrich Seidel.

Da sich die Typen sehr selten rein finden und bei den hervorragenden Leuten vielleicht noch weniger als man aus der Darstellung *Kretschmers* schließen möchte, kann man da und dort über die Einreihung verschiedener Meinung sein. Am bestimmtesten bin ich anderer Meinung als *Kretschmer* in bezug auf Gottfried Keller, der in seinem ganzen Leben eigentlich nichts Greifbares zyklisches zeigte. Er war im Gegenteil ein Mensch mit argen Hemmungen, bald brummig, bald übertrieben fröhlich, bald unmotiviert grob, bald idyllisch, bald enthusiastisch gestimmt, kurz ein Typus, wie ihn *Kretschmer* so scharf unter seinen Schizoiden zeichnet. Seine „saftig burschikose Grobheit“ war eine ganz launenhafte und wurde besonders leicht durch den Alkohol ausgelöst; zu seinen schizoiden Einfällen und nicht zum Humor gehören Handlungen wie die, daß er dem heimwandelnden Bürgersmann seinen

¹⁾ Von zwei konkurrierenden vererbten Eigenschaften kann bis zu einem gewissen Alter die eine aktuell (d. h. dominant) sein, von da an die andere. Der Sohn eines zyklischen Vaters und einer schizoiden Mutter kann bis zur Pubertät zyklisch, nachher schizoid sein oder umgekehrt.

Zylinder eintreibt. G. Kellers Vater war, soweit ich weiß, vorwiegend oder ganz Schizothymiker; in der Familie der Mutter gibt es ausgesprochene Zykllothymien, und sie selbst scheint Zykllothymikerin im Sinne *Kretschmers* zu sein.

Unter den schizothymen Genialen sind unter anderen angeführt: Schiller, Körner, Uhland, Tasso, Hölderlin, Novalis, Platen. „Es sind im wesentlichen die Gruppen der Pathetiker, Romantiker und formvollen Stilkünstler mit einem gemeinsamen Zug zum Idealistischen nach Form und Inhalt.“ Nicht ohne Bedeutung für den Wechsel der dominierenden Geistesrichtung ist, daß unter den früheren Gelehrten die Schizothymen (mit ihrer Neigung zu Philosophie, Systematik, Mystik) stark dominierten, mit dem Aufkommen der Naturwissenschaften aber die Zykllothymen.

Die hervorragendsten Eigentümlichkeiten der beiden Klassen stellt Verfasser in folgenden Tabellen zusammen:

Die Temperamente.

	Zykllothymiker	Schizothymiker
Psychästhesie und Stimmung	Diathetische Proportion zwischen gehoben (heiter) und depressiv (traurig)	psychästhetische Proportion zwischen hyperästhet. (empfindlich) u. anästhetisch (kühl)
Psychisches Tempo	schwingende Temperamentskurve zwischen beweglich und behäbig	springende Temperamentskurve zwischen sprunghaft und zäh, alternative Denk- u. Fühlweise
Psychomotilität	reizadäquat, rund, natürlich, weich	öfters reizinadäquat: verhalten, lahm, gesperrt, steif usw.
Affiner Körperbautypus	pyknisch	asthenisch, athletisch, dysplastisch und ihre Mischungen

Spezialbegabungen.

	Zykllothymiker	Schizothymiker
Dichter	Realisten Humoristen	Pathetiker Romantiker Formkünstler
Forscher	Anschaulich beschreibende Empiriker	Exakte Logiker Systematiker Methaphysiker
Führer	Derbe Draufgänger, flotte Organisatoren, verständige Vermittler	Reine Idealisten, Despoten und Fanatiker, kalte Rechner

Bei den Nichtgeisteskranken scheint mir der Zusammenhang von Körperform und psychischem Typus qualitativ noch nicht so recht nachgewiesen. Es kommen da wohl so viele Überkreuzungen und Mischungen vor, daß ich noch nicht gern vom einen aufs andere schließen möchte. Im psychologischen Teil stimmen nur einige Kleinigkeiten nicht mit meinen Erfahrungen überein. Geradezu alle anderen der einzelnen Beobachtungstatsachen habe ich „eigentlich schon lange gewußt“ und sogar in solchen Zusammenhängen gedacht und demonstriert; aber ich habe sie ungenügend verwertet. Erst *Kretschmer* hat durch seine geduldige systematische Untersuchung; die aber natürlich noch sehr stark ausgedehnt werden muß, objektiv gezeigt, wo das Typische zu finden ist, und alles in einen verständlichen Zusammenhang gebracht. Er hebt für unsere Fragestellungen Wesentliches durch glückliche Formulierungen heraus, es notwendigerweise stärker pointierend, als es die Natur tut, die eigentlich nur ein Chaos von Erscheinungen bietet; er läßt das Unwesentliche zielsicher beiseite, dadurch notwendigerweise etwas einseitig werdend, ignoriert großzügig einen Haufen von Wenss und Abers, die sich uns bis jetzt hemmend aufdrängten, und kommt dadurch zu einer fruchtbaren Idee. Das scheint mir das Geniale an der Leistung, werde nun die Zukunft noch vieles hinzuzusetzen oder gar abzureißen haben oder nicht. Am ersten Tag, nachdem ich das Buch gelesen, hatte ich eine große Zahl derjenigen, die ich genauer kannte, Kranke und Gesunde¹⁾, nach *Kretschmers* Schema verstanden, ihre schizoiden und ihre zyklloiden Komponenten bestimmt aus dem Individuum selbst wie aus der Heredität; in geradezu lächerlich einfacher Weise ließen sich die Charaktere und Temperamente auf die von mir nur um eine Nuance verallgemeinerte Formel *Kretschmers* bringen, daß auch in den meisten Durchschnittsmenschen (in allen Menschen?) eine zyklloide und eine schizoide Komponente steckt.

Oswald Spenglers „Untergang des Abendlandes“ und seine Stellungnahme zum Darwinismus.

Von Hermann von Voß, Berlin.

Der Grundgedanke des Spenglerschen Buches, wenigstens des vorliegenden ersten Teiles, ist, daß die westeuropäische Kultur ihren Höhepunkt bereits überschritten hat, auf dem absteigenden

¹⁾ Die zykllothyme Komponente läßt sich weniger leicht herausfinden als die schizothyme. Die mittleren Formen dieses Temperamentes erscheinen normal und die krankhaften ein Exzeß oder ein Defekt. Die Schizothymie erscheint als eine qualitative Abweichung von der Norm. Sollten die beiden Typen wirklich keine Gegensätze sein und deshalb in ihrer Vereinigung statt Abschwächungen und Kompensationen Legierungen bilden? Und was mag ihre biologische Bedeutung sein?

Ast ihrer Entwicklung sich befindet und unaufhaltsam ihrem endlichen, nicht so fernen Untergange entgegengeht. Dieser Auffassung wird ohne Zweifel mancher unbefangene Beobachter beipflichten, denn die Zeichen einer Degeneration, eines Abnehmens an ideeller Kraft auf den verschiedensten Gebieten sind allzu deutlich und zahlreich: auf ethischem, künstlerischem, wissenschaftlichem Gebiete, überall scheint das Maximum an schöpferischem Vermögen längst überschritten zu sein, als Epigonen erscheinen uns unsre Zeitgenossen, verglichen mit den Genies vor 100—150 Jahren.

Ja, der Erfolg des Spenglerschen Buches selbst ist gewissermaßen ein Beweis für die Richtigkeit jenes Grundgedankens, indem bloß eine untergehende Kultur mit solcher Begeisterung ihr eigenes Todesurteil vernehmen kann, während eine junge und starke sich instinktiv dagegen gewehrt und ein solches Buch abgelehnt hätte. Nun muß man allerdings hinzufügen, daß die Allerwenigsten, die das Schlagwort vom Untergang des Abendlandes stets im Munde führen und auf das Spenglersche Buch als auf eine neue Offenbarung schwören, dieses Werk auch wirklich gelesen und verstanden haben: ihr Urteil fällt eben einfach mit dem Urteil des Rezensenten in der von ihnen gelesenen Zeitung zusammen.

Der richtige Grundgedanke des Spenglerschen Buches ist aber von einer unglaublichen Menge der weitschweifigsten Darlegungen begleitet, denen man zwar ein richtiges Gefühl des Verfassers für manche negative Seiten unsres modernen Kulturlebens durchaus nicht absprechen kann; aber im ganzen zeugen sie doch von einer geradezu leichtsinnigen Oberflächlichkeit, alles wird auf die eine Idee zugeschnitten, und die Tatsachen erscheinen vielfach ihr zuliebe ver Gewaltigt: man wird den Eindruck des Sensationellen, Gewollten nicht los, und gerade darum ist es durchaus notwendig, dieses Buch von streng wissenschaftlicher Seite zu beleuchten und die Stellungnahme Spenglers zu den von ihm angeschnittenen Problemen, zu den von ihm berührten Wissenschaften (und er berührt nahezu alle!) kritisch zu untersuchen, um das Gemachte und Sensationelle des Buches ein für allemal zu verurteilen und breiteren Kreisen der blinden Spenglerverehrer die Augen darüber zu öffnen, wie der Verfasser mit den Tatsachen umspringt. Gewiß ist dieses von seiten der Historiker, Mathematiker, Physiker, Kunst-, Musikhistoriker schon geschehen; dagegen vermisste ich bis heute noch eine Betrachtung von seiten der Biologen, und das hat seinen einfachen Grund wohl darin, daß Spengler die Biologie gänzlich außer Betracht läßt und nur gelegentliche scharfe Ausfälle gegen den „Darwinismus“ und die Darwinisten sich erlaubt. Aber gerade dieses negative Verhalten Spenglers erheischt eine deutliche Antwort von seiten der Biologie, denn sie ist längst eine Wissenschaft, die allzu bedeutungsvoll in die

verschiedensten Gebiete menschlichen Denkens und Handelns hinübergreift, als daß man sie in einem Werke, das unsere gesamte Kultur behandeln will, einfach totschweigen könnte. (Ich finde auch in der kurzen Inhaltsangabe des bevorstehenden 2. Bandes, die Spengler in der Einleitung zum 1. Bande, S. 71, gibt, keinen Hinweis auf die Erörterung biologischer Probleme, wie etwa der Vererbung, Wirkung der Umwelt u. a., auch bleiben diese Probleme nicht etwa „selbständiger Behandlung vorbehalten“, wie es ausdrücklich für die Fragen der Ehe, des Eigentums, der Religion u. a. angegeben wird.)

Spengler steht oder glaubt wenigstens ganz im Banne Goethescher Naturerkenntnis zu stehen und sich die Auffassungen Goethes zu eigen gemacht zu haben; jedenfalls wird beim Leser dieser Eindruck hervorgerufen durch die häufige gegensätzliche Gegenüberstellung Goethescher Anschauungsweise und der Naturbetrachtung durch den „Darwinismus“, den Spengler so grenzenlos verachtet, daß er bei ihm selten ohne das Epitheton ornans „platt“ erwähnt wird. „Die so ganz ungoetheschen Formeln vom Kampf ums Dasein und der Zuchtwahl“ (S. 49), „Goethe, der vom Darwinismus ungefähr so viel vorausgenommen hat, als in 50 Jahren von ihm übrig sein wird“: das sind Beispiele dafür, daß es für Spengler keine größeren Gegensätze gibt, als Goethe und Darwin; und da Spengler sich hierbei mit Goethe identifiziert (wie ja zugestandenmaßen seine ganze philosophische Auffassung von Goethe stark beeinflusst ist), so muß er selbstverständlich dem „Darwinismus“ vollkommen ablehnend gegenüber stehen.

Ich habe absichtlich im vorstehenden das Wort „Darwinismus“ in Anführungszeichen gesetzt, denn Spengler spricht zwar von „Darwinismus“ und „Darwinisten“, sagt aber nirgends, welche Theorien und welche Autoren er dabei meint, was jedoch nicht unwesentlich ist, da dieser Ausdruck, je nachdem ob man Wallace, Haeckel, Weismann, Bölsche oder Dennert folgt, sehr verschiedenes umfaßt. Ich kann unmöglich annehmen, daß Spengler bei seiner Beurteilung sich auf Darwins eigene Werke gründet: denn nur ihre Unkenntnis kann einen Satz, wie den folgenden entschuldigen: „Goethe ging bei seiner großen Entdeckung des os intermaxillare, die allein alle Leistungen Darwins aufwiegt . . .“ (S. 151)! Ich glaube, Goethe hat und hätte selber viel bescheidener über seine Entdeckung geurteilt, die bei all ihrer Bedeutung doch eben nur den Wert einer einzelnen Tatsache hat, nicht mehr; wie aber Goethe selber über den Wert solcher „isolierten“ Erfahrungen dachte, ist in seinem Aufsatz über „den Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt“ nachzulesen. Spengler allerdings muß dieser Aufsatz unbekannt geblieben sein, wo Goethe sich so warm für das experimentelle Verfahren bei der Naturbeobachtung einsetzt, dabei andererseits aber vor allzu

raschem Kombinieren und Theoretisieren auf Grund isolierter Versuche warnt; hätte *Spengler* diesen Aufsatz seines Meisters gekannt, er hätte unmöglich von dem „platten (wie *Spengler* diesen Ausdruck liebt!) Handwerk der experimentellen Psychologie“ (S. 62) reden können.

Fragen wir nun, worauf *Spengler* seine Gegenüberstellung *Goethes* und *Darwins* gründet, und inwieweit die Betonung ihrer prinzipiellen Gegensätzlichkeit berechtigt ist, so müssen wir mit Erstaunen feststellen, sowohl bei der Lektüre ihrer eigenen Schriften, als auch der Literatur über diese beiden Forscher, daß überall uns eher eine innere Verwandtschaft ihrer Auffassungen entgegentritt und von ihren Kritikern betont wird, als die von *Spengler* unterstrichene grundsätzliche Verschiedenheit. Nur wird von den einen *Goethe* als der erste entschiedene Vorläufer *Darwins* (vgl. *Weismann*, Vorträge über Deszendenztheorie), von den anderen *Darwin* eher als Nachfolger *Goethes* bezeichnet (vgl. *Bölsche*, *Goethe* im 20. Jahrhundert). Es ist über die Frage, ob *Goethe* Deszendenztheoretiker war, schon so viel geschrieben worden, daß eine nochmalige genaue Erörterung sich wohl erübrigt: sie ist von *Haeckel* zuerst in begeisterter Weise bejaht worden, in neuerer Zeit aber neigt man mehr der Ansicht zu, daß *Goethes* Schriften wohl zahlreiche Andeutungen enthalten, daß er die allgemeine Verwandtschaft der Tierformen, die Veränderlichkeit der Arten geahnt hat, aber ohne daß man ihn deswegen als einen Mitbegründer der Deszendenztheorie bezeichnen könnte (vgl. *Hansen*, *Goethes Morphologie*, 1919).

Nun leugnet ja auch *Spengler* nicht, daß eine gewisse Ähnlichkeit, ein Parallelismus in *Goethes* und *Darwins* Anschauungen über Entwicklung vorhanden sei, aber, sagt er, bei *Goethe* ist die Entwicklungsidee Erlebnis und Intuition, bei *Darwin* Erkenntnis und Gesetz. *Spengler* verfällt hier einem grundlegenden Irrtum, den schon mancher naturwissenschaftlich nicht geschulte Goethebeurteiler sich hat zuschulden kommen lassen: wenn *Goethe* auch das Recht intuitiver Erkenntnis naturwissenschaftlicher Wahrheiten für sich in Anspruch genommen hat (und als Genie durfte er es), so ist es doch durchaus verkehrt, glauben zu wollen, er sei zur Aufstellung seiner biologischen Theorien auf rein intuitivem Wege gelangt. Dem widersprechen seine langjährigen botanischen und vergleichend-anatomischen Untersuchungen und Experimente, die der Fassung seiner Metamorphosenlehre und seiner Darlegung des Wirbeltiertypus vorausgingen. *Spengler* mißversteht *Goethe*, wenn er vom „Urphänomen des Wirbeltiertypus“ spricht, von dem *Goethe* bei seiner Entdeckung des os intermaxillare ausgegangen sei: denn sicher ist es richtig, was *Hansen* a. a. O. gelegentlich des gleichen Irrtums bei anderen Autoren sagt: „Der Irrtum kommt daher, daß *Goethe*, wie jeder Naturforscher, bei der Darstellung seiner

Forschungsergebnisse nicht immer den Weg schildert, den er empirisch zurücklegte, sondern das Urphänomen an den Anfang stellt, um seine allgemeinen Vorstellungen zu begründen. Daß er aber von ihm ausgegangen sei, ist eine unrichtige Auffassung solcher Autoren, die der naturwissenschaftlichen Methode fern stehen.“ Von einem „Urphänomen des Wirbeltiertypus“ ist aber bei *Goethe* nirgends die Rede, sondern seine Auffassung des Typus als eines Schemas, einer Konstruktion, einer Ableitung aus dem gesamten untersuchten Material geht aus den betreffenden Aufsätzen klipp und klar hervor.

Darwin ist bei der Aufstellung seiner Prinzipien der Entstehung der Arten nicht viel anders vorgegangen als *Goethe* bei seinen Untersuchungen: jahrelanges Beobachten und Experimentieren an Tieren und Pflanzen führten ihn zu der meisterhaft begründeten und durchdachten Theorie von der Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl, das Problem selber ist ihm viel früher aufgegangen, „intuitiv“ hat er es auf seiner Weltumseglung erfaßt, aber seine Lösung war einer langen, 25jährigen Forscherarbeit vorbehalten. Für mich und, ich nehme an, für die meisten unbefangenen Leser werden *Goethes* naturwissenschaftliche Schriften durch das Bewußtsein des gleichen Ursprungs aus dem forschenden Verstande, wie die Theorien von *Charles Darwin*, in ihrem Wert durchaus nicht verringert: im Gegenteil, die Gewißheit, daß *Goethe*, seiner Zeit vorausseilend, auf Wegen der modernen biologischen Forschung wandelte und zu hervorragenden Resultaten gelangte, läßt uns nur mehr Bewunderung für sein Genie empfinden.

Spengler sagt S. 518: „Bei *Goethe* ist die Entwicklungsidee erhaben, bei *Darwin* flach, bei *Goethe* organisch, bei *Darwin* mechanisch, bei jenem Erlebnis und Intuition, bei diesem Erkenntnis und Gesetz.“ Ist im letzteren wirklich ein Gegensatz enthalten? Ist es nicht vielmehr eine notwendige Entwicklung (nicht Wandlung, wie *Spengler* denkt!), die vom Erlebnis und der Intuition bei *Goethe* zur Erkenntnis und dem Gesetz bei *Darwin* führt? Und ist nicht für *Spengler* *Darwins* Idee von der Entwicklung nur deswegen „flach“, weil sie „mechanisch“ ist?

Spengler hat sich eben eine bestimmte Auffassung vom „Darwinismus“ zu eigen gemacht (nach welchen Quellen, bleibt, wie schon einmal betont, völlig unbekannt) und ist daher nicht imstande, diese wissenschaftliche Lehre auch nur annähernd zu würdigen. Für ihn (S. 517 ff.) ist sie eine nationalökonomische Theorie, die von *Darwin* („mit sensationellem Erfolge“) in die Tierwelt hineininterpretiert wurde und die ihren Erfolg nur dem latenten politischen Gehalt verdankt. Bekannt war sie in allen Einzelheiten schon im 18. Jahrhundert, denn „die Affentheorie verteidigt *Rousseau* schon 1754“!

Diese Auffassung von *Darwins* Lehre ist, wie vieles in *Spenglers* Buch, überraschend neu und

verblüffend! Ob sie ebenso richtig ist, daran erheben sich nicht unberechtigte Zweifel.

Vor allem der latente politische Gehalt! Es ist gewiß nicht *Darwins* Absicht gewesen, daß seine Theorie zu einem politischen Schlagwort werden sollte, noch kann bei ihm, wie *Spengler* meint, von „einer Übertragung parteipolitischer Plattheiten auf die Erscheinungen der Tierwelt“ die Rede sein. *Spengler* ist durchaus im Irrtum, wenn er meint, „Materialismus, Sozialismus, Darwinismus seien nur künstlich und an der Oberfläche trennbar“, und ebenso wenn er weiterhin bei der Erwähnung der Nietzscheschen Lehre von der Züchtung des Übermenschen hervorhebt, daß diese ganze Lehre „den sozialistischen Zwangsstaat als Mittel voraussetzt, daß jeder systematischen Züchtung einer Klasse höherer Menschen eine streng sozialistische Gesellschaftsordnung vorausgehen muß“. Hier zeigt es sich besonders deutlich, daß eine absolute Vernachlässigung der Biologie, wie sie bei *Spengler* zutage tritt, schwere Fehler nach sich zieht, wenn man trotzdem an Probleme rührt, die recht eigentlich die Sphäre der Biologie sind: die Frage der systematischen Züchtung einer Klasse höherer Menschen ist fast so uralte, wie das Menschengeschlecht selber, und läßt sich nicht mit einigen Schlagworten abtun, denn hier spielen Vererbung, Rassenmischung, Wirkung äußerer Umstände in kompliziertester Weise hinein, wie *Reibmayr* (1907) das in überzeugender Weise dargestellt. Bei seinen Untersuchungen über die Züchtung des Talentes und Genies kommt er zum unabweislichen Schlusse, daß schon ein Teil des prähistorischen Menschen in strengster Inzucht gelebt habe, und wir sehen, „daß alle Völker, welche in der Kulturgeschichte eine Rolle spielen, in dieselbe eintreten mit einer auf strengster Inzucht gegründeten Verfassung“. Es können wohl; fährt *Reibmayr* fort, auch in einem ganzen Volke unter günstigen Umständen gewisse, es auszeichnende körperliche und geistige Charaktere gezüchtet werden; um diese aber auf eine künstlerische Höhe zu heben, dazu gehört die engere Inzucht innerhalb einer Kaste oder Familie. Nach diesem Prinzip der Aussonderung bevorzugter Klassen und der Züchtung der führenden Geister in ihnen sind die Völker von jeher verfahren, und *Nietzsche* hat daher (gegen *Spengler*) Recht, wenn er sagt, daß jede Erhöhung des Typus Mensch bisher das Werk einer aristokratischen Gesellschaft war.

Der Zusammenhang zwischen Darwinismus und Sozialismus ist somit durchaus sekundärer Natur und rein oberflächlich und künstlich; von Politikern, die den Darwinismus nicht verstanden, mißverstanden oder einseitig auffaßten, wurde er als Waffe gegen Theorien und Institutionen mißbraucht, gegen die zu dienen er nie bestimmt worden war. Wer aber, wie *Spengler*, den Darwinismus für die Plattheiten politischer Parteien verantwortlich machen will, der scheint

mir dem gleichen Irrtum zu verfallen, wie der, der den Erfinder des Morphiums als Mörder bezeichnen wollte, weil einige Morphinisten am Gebrauch dieses Mittels zugrunde gehen.

Auch die Verbindung von Darwinismus und Materialismus ist weder genetisch noch kausal notwendig: der Darwinismus, das muß immer wieder betont werden, ist durchaus kein philosophisches System, sondern eine biologische Theorie, die die Kräfte und Gesetze darzutun sich bemüht, die der Entwicklung des Lebendigen auf unsrer Erde zugrunde liegen. Darüber hinaus aber, zu den „Pseudobegriffen von Ewigkeit und Unendlichkeit“, sucht sie gar nicht vorzudringen; fern liegt es ihr, die ihr fremden Gebiete des Glaubens, der Religion, der Ethik anzutasten, und „Darwinist“ sein kann ebensogut ein Christ wie ein Materialist. Ich kann *Spengler* nur empfehlen, über diese Frage nachzulesen, was *Weismann* auf der letzten Seite seiner „Vorträge über Deszendenztheorie“ sagt; die so unendlich trivial anmutende Aneinanderreihung von „Darwinismus — Materialismus — Sozialismus“ bei *Spengler* fällt in sich zusammen, sobald man dem tieferen Sinn der Anschauungen *Darwins* und seiner Nachfolger nachgeht.

Von einem großen Mangel an Verständnis für die Bedeutung *Darwins* und seiner Werke zeugt es, wenn *Spengler* meint, der „Darwinismus“ sei schon im 18. Jahrhundert in allen Einzelheiten bekannt gewesen, und gewissermaßen erläuternd hinzufügt: „die Affentheorie verteidigt *Rousseau* schon 1754“. Schon der Ausdruck „alle Einzelheiten“ ist eine durch nichts gerechtfertigte Übertreibung: gewiß, manche Einzelheiten waren schon bekannt, sogar viele, aber darauf kommt es zunächst nicht an; ich möchte *Spengler* nur an ein Wort von *Goethe* erinnern, das *Columbus* gilt und den Bemühungen, ihm die Ehre seiner Entdeckungen zu entreißen, das aber ebensogut auf unsern Fall paßt: *Goethe* sagt in seinem kleinen Aufsatz „Erfinder und Entdecker“: „Aber es gehörte denn doch zuletzt ein Mann dazu, der das alles zusammenfaßte, um Fabel und Nachricht, Wahn und Überlieferung in Wirklichkeit zu verwandeln.“ Mit diesen Worten ist auch die Bedeutung *Darwins* genugsam gekennzeichnet.

Soviel über *Spenglers* Stellung zum Darwinismus; die Oberflächlichkeit, mit der *Spengler* die biologischen Probleme behandelt und die dem mit diesen Problemen vertrauten Leser in die Augen springt, macht stutzig und mißtrauisch: unwillkürlich erhebt sich der Verdacht, es seien auch die vielen anderen im Buche berührten Fragen in ähnlich unvollkommener, ja ungenügender Weise behandelt. Beurteilen und bemerken kann das allerdings nur der jeweilige Fachmann. Die große Menge der Laien aber wird nur bei sehr viel gutem Willen, aus den Oberflächlichkeiten und Übertreibungen des *Spenglerschen* Buches das Sachliche herausfinden können; im allgemeinen wird dieses Werk den wenig kri-

tischen Leser, der sich durch das Effektvolle und Sensationelle blenden läßt, zu einer vorschnellen und oberflächlichen Urteilsbildung verleiten. Diese Erkenntnis läßt den Wert des Buches für unsre Kultur durchaus fraglich erscheinen.

Die Bedeutung der vollständigen Sonnenfinsternis im September 1922 für die Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie.

Von Otto Birck, Potsdam.

1. Über die Möglichkeit, bei vollständigen Sonnenfinsternissen Aufschluß über die Gültigkeit der Einsteinschen Gravitationstheorie zu erlangen.

Bekanntlich soll — nach Einsteins Voraussage — ein Lichtstrahl, der im Raum nahe an der Sonnenkugel vorbeigeht, eine Krümmung erleiden, so daß er seine hohle Seite der Sonnenkugel zukehrt. Während einer vollständigen Sonnenfinsternis müßte demzufolge jeder in der Nachbarschaft der verfinsterten Sonnenscheibe sichtbare Fixstern uns von der Sonnenscheibe hinweggedrängt erscheinen, verglichen mit seinem gewöhnlichen Ort am Nachthimmel. Der Betrag dieser scheinbaren zirkumsolaren Verdrängung der Sterne am Tageshimmel soll nach Einstein in Bogensekunden

$$1'',75 \cdot r : R$$

betragen, wenn, in Winkelmaß von der Erde aus gemessen, r den Halbmesser der Sonnenscheibe und R den Abstand des Fixsterns von der Mitte der Sonnenscheibe bezeichnet, am Sonnenrande selbst also seinen Höchstwert 1,75 Bogensekunden erreichen.

Als nun aber die Finsternisplatten vom Mai 1919 in der Tat eine Verdrängung der Sterne ungefähr in der vorausgesagten Art und Größe anzeigten¹⁾, wurde gegen die Schlußfolgerung, man könne durch Finsternisaufnahmen überhaupt einen Nachweis für die Richtigkeit der Einsteinschen Voraussage führen, eine Reihe von Einwänden geltend gemacht, die indessen — vielleicht bis auf einen — nicht durchgreifen.

Den nächstliegenden Einwand, es könne die vorausgesagte Verdrängung der Sterne von der Sonnenscheibe hinweg — falls sie sich bestätigt — ebensogut auf bloße Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre zurückgeführt werden, widerlegte besonders eingehend R. Emden²⁾. Eine Irreführung durch jene Schichtverziehungen, die hin und wieder beim Trocknen entwickelter Platten

¹⁾ Über die Ergebnisse der Expeditionen von 1919 vgl. den Bericht S. 20 des 8. Jahrgangs dieser Zeitschrift sowie ausführlicher: Philosophical Transactions vol. 220 (1920) (A 579), p. 291, oder Memoirs of the R. Astronomical Society vol. 62, appendix. Vgl. auch Anmerkung 6.

²⁾ R. Emden, Sonnenatmosphäre und Einsteineffekt, Münchener Sitzungsberichte 1920, S. 387; vgl. E. Freundlich's Besprechung auf S. 103 dieses Jahrgs.

auftreten, kann man durch Aufkopieren eines engmaschigen quadratischen Gitters aus feinen Strichen in der bei den Aufnahmen der internationalen photographischen Himmelskarte längst bewährten Weise leicht ausschließen. Gelegentlich befürchtete man ferner einen „Nachbarschaftseffekt“ der Sonnenkorona auf diejenigen Sterne, die sich auf die Korona oder in ihre nächste Umgebung projizieren, sei es nun, daß die Lichtwirkung der Sterne auf die Platte während der Aufnahme, oder die Entwicklung der Sternbilder in der Dunkelkammer, oder endlich die Ausmessung der Sternscheibchen auf der fertigen Platte durch die Nachbarschaft der Sonnenkorona gestört würde. Als Schutzmittel wurde mehrfach das Aufkopieren einer künstlichen Korona auf die nächtlichen Vergleichsaufnahmen der Sterne vorgeschlagen. Max Wolf³⁾ versichert indessen, daß nach seiner Erfahrung sogar auf stark überbelichteten Aufnahmen großer Planeten bei nur zwei Meter Brennweite die auf den Plattenschleier sich projizierenden Sterne keinesfalls um Beträge von einer halben Bogensekunde verschoben seien. Zu einem ähnlich günstigen Ergebnis, wie M. Wolf³⁾ gelangte auch F. Slocum⁴⁾, als er Plejadenaufnahmen vor dem Entwickeln mit einer künstlichen Korona belichtete.

Schwierigkeiten könnte hingegen nach L. Courvoisier⁴⁾ vielleicht die Unterscheidung der Einsteinschen Gravitationsverschiebung von der jährlichen kosmischen Refraktion bereiten, falls auch die letztere Erscheinung als zirkumsolar anzusehen ist.

Von diesem letzteren noch zu klärenden Punkte abgesehen, besteht nun aber in der Tat Aussicht, gelegentlich vollständiger Sonnenfinsternisse eine Entscheidung für oder gegen die Einsteinsche Gravitationstheorie zu erlangen. Nur darf nicht verhehlt werden, daß der Nachweis derartig kleiner Sternverschiebungen, wie sie Einstein voraussagt, Anforderungen an die Voraussicht und Geistesgegenwart der Beobachter stellt, die unter den ungewohnten äußeren Umständen einer Sonnenfinsternisexpedition in den wenigen Minuten der Totalität nur schwer erfüllbar sind.

2. Ergebnisse der Sonnenfinsternisexpeditionen von 1919.

Die vollständige Sonnenfinsternis im Mai 1919 bot eine ganz ungewöhnlich günstige Gelegenheit, den Einsteineffekt zu suchen, insofern sich damals die verfinsterte Sonne gerade auf eine der an hellen Sternen reichsten Stellen der Ekliptik projizierte, nämlich auf den nördlichen Teil der

³⁾ Max Wolf, Astr. Nachr. Bd. 212 (1920), Nr. 5075, S. 181. F. Slocum, Popular Astronomy vol. 29, No. 5, May 1921, p. 273. Vgl. hierzu auch J. Hopmann's Besprechung eines Aufsatzes von F. E. Roß auf S. 382 dieses Jahrgs.

⁴⁾ L. Courvoisier, Astr. Nachr. Bd. 211 (1920), Nr. 5056, S. 305; vgl. P. Guthnick's Besprechung im 8. Jahrg. (1920) dieser Zeitschr. S. 814.

Hyadengruppe im linken Auge des Stiers⁵⁾. Da die gleiche Konstellation zwar noch einmal im Jahre 1938 eintritt, dann aber die Totalität nur vom südlichen Atlantischen Ozean und dem südlichen Polarmeer aus beobachtbar sein wird, so wird der Vorteil, den diese hellen Sterne 1919 boten, in absehbarer Zeit nicht wiederkehren. Daß die *Ergebnisse*⁶⁾ der englischen Expeditionen im Jahre 1919 trotz dieser besonderen Gunst der Umstände untereinander zahlenmäßig unerwartet schlecht übereinstimmten, erklärt sich aus *Mängeln in der Versuchsanordnung*, die man künftig vermeiden können, vor allem aus der behelfswesisen *Anwendung eines Heliostaten*, dessen Spiegel, zufolge vorangegangener Bestrahlung durch die Sonne, vom Sternenhimmel nur ein verzeichnetes unscharfes Bild lieferte⁷⁾. Gleichwohl erscheint das Vorhandensein einer Sternverdrängung der von *Einstein* vorausgesagten Art bereits nach Vorzeichen und Größenordnung sichergestellt, und man darf vielleicht schon von der nächstjährigen Sonnenfinsternis die zahlenmäßige Entscheidung erwarten.

3. Die Umgebung der verfinsterten Sonne. am 20./21. September 1922 (Fig. 1).

Fig. 1 zeigt auf einem drei Grad breiten und vier Grad langen Felde des Himmels zwanzig in der Umgebung der verfinsterten Sonne sichtbare Sterne, nach wachsender Rektaszension numeriert⁸⁾, darüber die Helligkeitsskala dieser Sterne in Größenklassen. Um die Größe des Einsteineffektes der Sonne auf diese Sterne zu veranschaulichen, sind — konzentrisch zur Sonne, die in Fig. 1 als kräftige Kreislinie von 8,6 mm Durchmesser hervortritt — die vier feinen größeren Kreislinien gezogen, auf denen die Einsteinsche Sternverdrängung die beigeschriebenen Werte von 0,9, 0,6, 0,3 und 0,2 Bogensekunden haben soll. Die *stärkste Verdrängung, nahezu 0,9 Bogensekunden*, sollte demnach Nr. 7, ein Stern der Größe 8,9, erfahren. Da wir uns jedoch jetzt einem Fleckenminimum der Sonne nähern, so wird die *Korona der Sonne* erfahrungsgemäß ihre Längserstreckung in der Richtung C—C des Sonnenäquators zeigen und die Sterne Nr. 7 und 14 vielleicht überstrahlen;

⁵⁾ Vgl. des Verfassers Vorbericht im 5. Jhrg. (1917) dieser Zeitschrift, Seite 689.

⁶⁾ E. Freundlich hat S. 667 des 8. Jhrgs. (1920) dieser Zeitschrift den englischen Expeditionsbericht von 1919 ausführlich besprochen und Verbesserungsvorschläge für künftige Expeditionen gemacht. Vgl. Anmerkung 1.

⁷⁾ H. N. Russell, Monthly Notices of the R. Astronomical Society vol. 81 (1920/21), S. 154, fand bei einer Neureduktion der in Sobral erhaltenen Aufnahmen Anzeichen für eine durch Sonnenbestrahlung hervorgerufene zylindrische Krümmung des an sich ebenen Heliostatenspiegels von mindestens 12 km Krümmungsradius; vgl. J. Hopmanns Besprechung S. 192 dieses Jhrgs.

⁸⁾ Nach F. W. Dyson, Monthly Notices . . . vol. 80 (1920), p. 628.

in diesem Fall wäre die stärkste zu beobachtende Verdrängung, je $0'',84$, bei den Sternen Nr. 12 und 13 zu erwarten, an die die Korona wohl nicht heranreichen wird. Der hellste Stern, nämlich Nr. 5 rechts oben in der Figur, *Beta in der Jungfrau*, soll eine Verdrängung von $0'',3$ erleiden.

4. Zeit und Ort der vollständigen Sonnenfinsternis.

Die Finsternis findet am 21. September 1922 morgens statt, führt daher in der Fachliteratur das astronomische Datum 1922 Sept. 20. Sie wird die 22. sein in einem bemerkenswerten

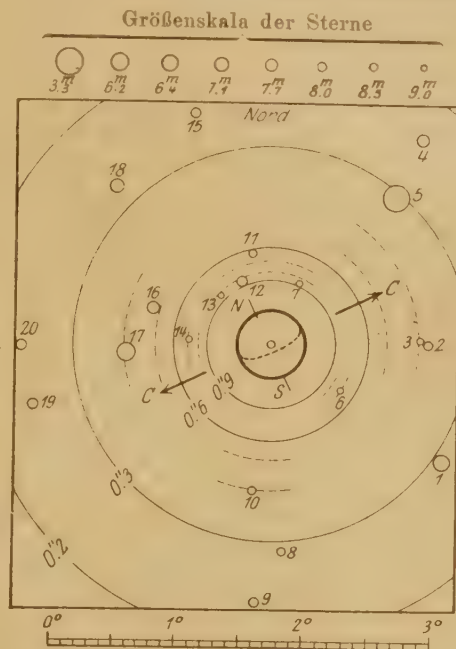


Fig. 1. Der Sternenhimmel in der Umgebung der verfinsterten Sonne am 21. 9. 1922. Die zwanzig nummerierten Nullenkreise bedeuten lauter Sterne bis zur 9. Größe; ihre Durchmesser gestatten die Helligkeit der einzelnen Sterne an der über der Figur stehenden Größenskala abzulesen. Der kleine kräftige Kreis von 8,6 mm Durchmesser ist die Sonne, N—S ihre Umdrehungsachse, C—C die Längserstreckung ihrer Korona. An den zur Sonne konzentrisch gezeichneten, größeren, mit $0'',2$ bis $0'',9$ bezifferten Kreisen liest man den Betrag der Einsteinschen Verdrängung der einzelnen Sterne in Bogensekunden ab; z. B. soll Stern Nr. 8 knapp $0'',3$, Stern Nr. 10 gerade $0'',4$ radial von der Sonne weggedrängt am Himmel stehen. Der Nachweis dieser behaupteten Verdrängung der Sterne bildet die Aufgabe der Expeditionen nach den in Fig. 2 bis 5 bezeichneten Örtlichkeiten im Gebiet des Indischen Ozeans.

Zyklus totaler Sonnenfinsternisse, die sich bereits seit dem Jahre 1544 gleichförmig alle 6585,3 Tage wiederholen und in der Gegenwart durch lange Dauer ihrer Totalität auszeichnen, leider aber auch ihr Sichtbarkeitsgebiet nun mehr und mehr auf die Südhalbkugel der Erde verlegen.

Das Sichtbarkeitsgebiet einer vollständigen Sonnenfinsternis ist im allgemeinen⁹⁾ ein schmales, d. h. nur einige Hunderte von Kilo-

metern breites, langes, krummes Band auf der Erdoberfläche, das sog. „Totalitätsband“. Das Ereignis der Totalität tritt zufrühest am westlichen, zuletzt am östlichen Ende dieses Bandes ein. Wer außerhalb des Bandes steht, kann höchstens eine teilweise Sonnenfinsternis erleben. Die Verbindungsgerade der Kugelmittelpunkte der Sonne und des Mondes durchwandert auf der Erdoberfläche die sog. „Zentralitätslinie“, auf dieser dauert die Totalität am



Fig. 2. Der Indische Ozean und der Verlauf der Sonnenfinsternis am 21. 9. 1922. Der von Afrika bis Australien reichende Pfeil heißt „Zentralitätslinie“, weil er die Orte mit zentraler Sonnenfinsternis (Bandidu usw.) enthält. (Nach Sydow-Wagners method. Schulatlas, Blatt 6.)

längsten. Diesmal wird, wie Fig. 2 zeigt, die Zentralitätslinie im Somaliland entspringen, die Malediwen und ganz Australien überschneiden und östlich dieses Kontinents im Meere enden.

5. Die Auswahl der Beobachtungsplätze.

Die englischen und australischen Astronomen haben bisher die vier in Fig. 2 besonders bezeichneten Plätze in die engere Wahl gezogen, für diese seien daher nachstehend einige Zahlenangaben gemacht. Dabei bedeutet L die östliche Länge, gezählt von Greenwich, φ die geographische Breite, $O.-Z.$ die Ortszeit, $M.E.Z.$ die mitteleuropäische Zeit und D die Dauer der totalen Verfinsternung, endlich h die Höhe der total verfinsterten Sonne über dem Horizont:

	Ortsname	L	φ	$O.-Z.$	$M.E.Z.$	D	h
1	Bandidu ...	$73^{\circ} 1'$	$+ 2^{\circ} 56'$	$8^h 10^m$	$4,18$	$4^m 10^s$	$34^{\circ} 3'$
2	Christmas-J.	$105 43$	$-10 30$	$11 47$	$5,45$	$3 42$	$78,4$
3	Wollal	$120 43$	$-19 47$	$1 33$	$6,80$	$5 19$	$57,8$
4	Coongola b. Cunnamulla	$145 49$	$-27 39$	$3 53$	$7,10$	$3 45$	$25,8$



Fig. 3. Der South-Nilandu-Atoll in den Malediwen (1:470 000). Oben rechts, über dem Pfeil, das Beobachtungsinselfchen Bandidu. Totalitätsdauer = $4^m 10^s$. (Quellenangabe in Anmerkung 11.)

Da die Mitnahme eines 13-Zöllers mit vollständiger *parallaktischer Montierung* beabsichtigt ist⁹⁾, so wird neben der Höhe h der Sonne und der Totalitätsdauer D auch die Transportfrage eine große Rolle bei der Auswahl des Reiseziels spielen müssen. Die Witterungsaussichten werden am 1., 2. und 4. Platz von Hinks⁹⁾, in Wollal von australischen Gelehrten¹⁰⁾ günstig beurteilt.

Zu den einzelnen Orten sei noch folgendes bemerkt:

⁹⁾ A. R. Hinks. The Observatory vol. 43, April 1920, Nr. 551, p. 143; oder auch: Popular Astronomy vol. 28, No. 7, August-September 1920, Seite 436.

¹⁰⁾ A. D. Roß und R. D. Thomson, Monthly Notices vol. 81 (1921), p. 238.

Bandidu ist ein Inselchen innerhalb der ovalen Lagune (Fig. 3), die von dem von Korallen gebildeten „Südlichen Nilandu-Atoll“¹¹⁾ in den Malediven umgeben ist. Für *Bandidu* spricht die frühe Morgenstunde der Finsternis, in der die Hitze noch nicht stört und während der Finsternis kaum ein stärkerer Temperaturfall zu befürchten ist⁶⁾.

Auf der *Christmasinsel* bei Java, die nach Mitteilung eines englischen Admirals¹²⁾ von Schiffen der englischen Admiralität regelmäßig angelaufen wird, steht die verfinsterte Sonne zwar besonders hoch, über 78 Grad, leider liegt diese Insel aber

sind Telegraphenstationen an der Nordwestküste von Australien. Eine Expedition fände in Wollal gutes Wasser, müßte aber im übrigen ihre Versorgung größtenteils aus Perth (Fig. 2) beziehen auf dem beschwerlichen Umwege über die 300 km entfernte Stadt Broome (Fig. 4), von der aus man nach Wollal nur entweder auf der Landstraße oder mittels flachgehender Küstenschiffe gelangen kann. Der Vorteil der langen Totalitätsdauer in Wollal, über fünf Minuten, müßte also schwer erkaufte werden.

Der englische Astronom und Geograph *Hinks*⁹⁾ hält daher Wollal für hoffnungslos und

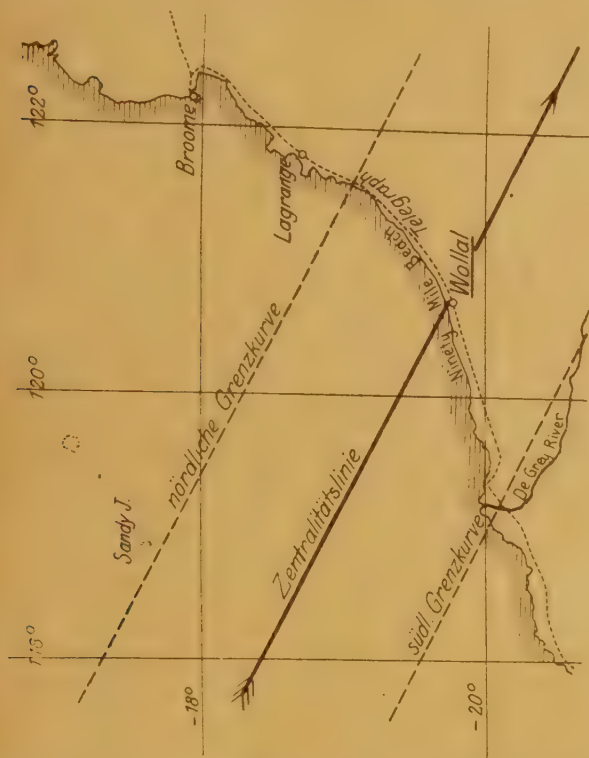


Fig. 4. Die Beobachtungsstation Wollal an der Nordwestküste von Australien. (1 : 6 270 000.) Kilometermaßstab siehe in Fig. 5. Totalitätsdauer = 5^m 19^s. (Nach Stieler's Handatlas Blatt 77.)

soweit abseits von der Zentralitätslinie, daß auf ihr die Totalität nur 3 m 42 s dauert.

Wollal wird trotz schwieriger Landungsverhältnisse seitens der Sternwarte in Perth (West-Australien) empfohlen¹⁰⁾. Wollal und Lagrange

¹¹⁾ Die Grundlage für Fig. 3 bildet die große Seekarte „Trigonometrical Survey of the Maldiv Islands“, by R. Moresby and F. T. Powell, Indian Navy, sheet 2; 1 : 300 000; hier auf 1 : 470 000 verkleinert. Vgl. Anmerkung 12.

¹²⁾ Was Admiral Sir A. Mostyn Field, Monthly Notices vol. 81 (1921), p. 390 an den Malediven auszusetzen hat, bezieht sich nicht auf die Insel Bandidu im Süd-Nilandu-Atoll, sondern auf die Insel Dambidu im etwa um ein Grad südlicher gelegenen Haddummati-Atoll, die gar nicht in Frage kommt. Die Verwechslung erklärt sich aus dem schlechten Kartenmaterial des Admirals.

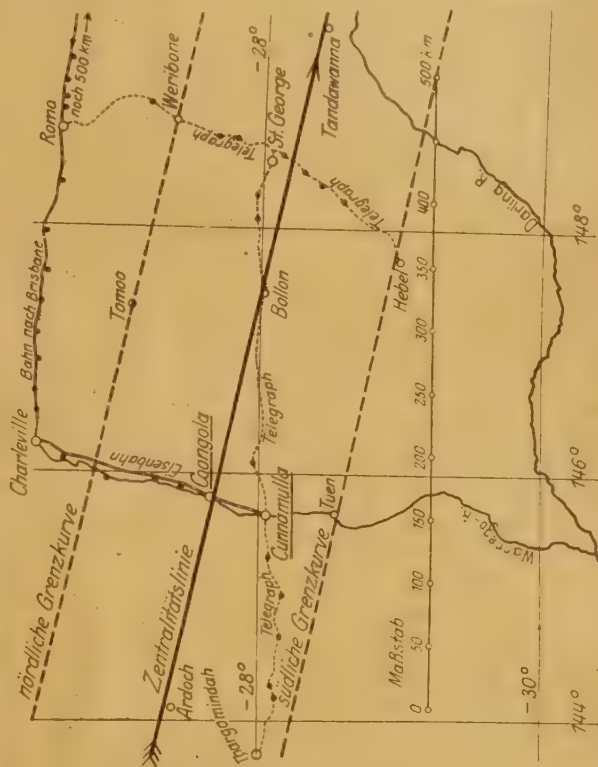


Fig. 5. Die Beobachtungsstationen Cunnamulla und Coongola in Queensland, Australien. (1 : 6 270 000.) Totalitätsdauer in Coongola = 3^m 45^s. (Nach Stieler's Handatlas Blatt 80.)

empfiehlt neben Bandidu und Christmas-Insel nur noch die australische Stadt Cunnamulla (Fig. 5) am Warregofluß, die erfreulicherweise Eisenbahnverbindung mit Brisbane hat. Die benachbarte Bahnstation Coongola (Fig. 5) liegt sogar gerade auf der Zentralitätslinie. Ob der etwas tiefe abendliche Sonnenstand in Coongola und Cunnamulla (knapp 26 Grad Höhe) für Beobachtungen an diesen Orten günstig oder ungünstig sein wird, wäre noch zu prüfen. Der Finsternis-Ausschuß der „American Astronomical Society“ scheint sich besonders für Cunnamulla zu interessieren¹³⁾, Entschlüsse scheinen noch nicht gefaßt zu sein.

¹³⁾ Nach einem Bericht in Popular Astronomy vol. 29, Nr. 2, Febr. 1921, Seite 89.

Die ganze Landstrecke von Wollal bis Cunnamulla (Fig. 2) mit ihrer langen Totalitätsdauer scheint leider zu große Transportschwierigkeiten für eine Expedition zu bieten, während man noch weiter östlich als Cunnamulla wegen des dann noch tieferen Sonnenstandes wohl nicht gehen wird.

Besprechungen.

Döring, Th., Analytische Chemie. (Wissenschaftliche Forschungsberichte, Naturwissenschaftliche Reihe, herausgegeben von *Raph. Ed. Liesegang*, Frankfurt a. M., Bd. I.) Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff, 1921. 97 S. Preis geh. M. 12,—.

Ziel und Inhalt der neu erscheinenden Sammlung wird der Leser am besten aus einigen Sätzen des Geleitwortes erkennen, das ihr der Herausgeber und der Verleger auf den Weg mitgeben: „Ein halbes Jahrzehnt war ein großer Teil der Wissenschaftler und derjenigen, die den Wissenschaften durch Beruf und Neigung nahestehen, aus der gewohnten Beschäftigung herausgerissen. Wie können sie das Versäumte rasch nachholen? Ein Durchstudieren all der Zeitschriften und Bücher ist kaum einem möglich. Zentralblätter und Jahresberichte schieden meist nicht scharf genug das dauernd Wichtige von dem Minderwichtigen. Viel von der ausländischen Literatur erreicht uns erst jetzt. Eine Auswahl des Wichtigsten, was In- und Ausland seit 1914 in jedem einzelnen Zweige der Naturwissenschaften geleistet hat, soll in je einem Bändchen dieser *Wissenschaftlichen Forschungsberichte* (Naturwissenschaftliche Reihe) in gedrängter Form geboten werden... Später sollen sich die Wissenschaftlichen Forschungsberichte durch die Neuauflagen der einzelnen Bändchen zu regelmäßigen Berichten über bestimmte Forschungsgebiete auswachsen und somit — so hoffen wir — ein Spiegelbild der gesamten Naturwissenschaft in Einzeldarstellungen werden.“

Dörings „Analytische Chemie“ enthält nach einem kurzen allgemeinen Teil zwei Hauptabschnitte, in denen Nachweis, Bestimmung und Trennung der Kationen (S. 3—53) und der Anionen (S. 54—78) behandelt werden; zwei kurze Kapitel über die Bestimmung von C, O₂ usw. in Metallen (S. 78—80) und über die Elementaranalyse organischer Stoffe (S. 80—86) machen den Beschluß. — Im ganzen sind auf 85 Seiten von 40 Zeilen etwa 550 verschiedene Untersuchungen behandelt, so daß auf jedes Referat im Mittel etwa 6 Zeilen entfallen. — Bei einem Bericht über die Forschungen eines begrenzten Zeitabschnittes kann natürlich von einer systematischen Darstellung analytischer Probleme keine Rede sein; es muß schon lobend anerkannt werden, daß es dem Berichtersteller in einigen Fällen gelungen ist, in den nach analytischen „Gruppen“ geordneten Referaten Reihen von Arbeiten unter einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten und im übrigen zwischen den sachlich einwandfreien Berichten hier und da einen inneren Zusammenhang herzustellen. Der beschränkte Raum hat es nicht erlaubt, im besten Falle mehr als die knappe Arbeitsvorschrift mitzuteilen, vielfach aber — und besonders bei umfangreichen Untersuchungen — sind die Referate zu einer etwas erweiterten „Überschrift“ zusammengeschrunft und bieten dann nicht viel mehr als das Literaturzitat. Bei dem Fehlen aller theoretischen Erläuterungen und

der Begründungen für die benutzten neuen Methoden wird der Lernende mit diesem Bericht nicht viel anfangen können. Leider muß ich aber auch hinzufügen, daß ich seinen Nutzen für den praktischen Analytiker im Handels- oder Fabriklaboratorium nicht einzusehen vermag, da der Verf. sich in der Hauptsache ganz auf die allgemeinen analytischen Verfahren — ungefähr in dem Umfange, wie sie im Universitätsunterricht gelehrt werden — beschränkt hat, alle Einzelzweige der technischen Analyse aber unberücksichtigt läßt. Die Zahl derer, die sich einen Überblick über die Fortschritte der allgemeinen Analyse von 1914—20 zu verschaffen wünschen, ist nach meiner Schätzung nicht allzu groß; wer aber auf einem Sondergebiet sich unterrichten will, muß nun doch zum Chemischen Zentralblatt greifen, das nach Übersichtlichkeit und Vollständigkeit nichts zu wünschen läßt. — Trotzdem also gegen die sachliche Arbeit des Döringschen Berichtes nur wenig einzuwenden ist, erscheint er mir als Ganzes ziemlich überflüssig, wie mir denn überhaupt der Grundgedanke, der zur Herausgabe dieser Sammlung geführt hat, durchaus nicht einleuchten will. Für die Chemie wenigstens ist die periodische Berichterstattung so gut organisiert, daß sie dieser Ergänzung nicht bedarf.

Man wird es vielleicht für unnötig halten, diese Ansicht hier hervorzuheben, weil eine nicht notwendige Veröffentlichung sich am Verleger selbst räche und sonst keinen Schaden stiften könne. Tatsächlich liegen die Verhältnisse etwas anders: der Verleger will und muß schließlich einen Überschuß erzielen; die Unkosten ungangbarer Verlagsartikel müssen also von den notwendigen und gut verkäuflichen Werken mit getragen werden, die dadurch eine unnötige Verteuerung erfahren. Es liegt also durchaus im Interesse der Bücherverbraucher, daß nichts Überflüssiges veröffentlicht werde. Wenn irgendwo, so wäre auf dem Büchermarkt planvolles Arbeiten notwendig, um wieder einigermaßen erträgliche Zustände zu schaffen.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Bernthsen, A., Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. Fünfzehnte Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1921. XIX, 696 S. Preis geh. M. 36,—; geb. M. 45,—.

Die von A. Bernthsen selbst besorgte Auflage unterscheidet sich von der letzten (1919) dadurch, daß der inzwischen neu hinzugekommene Stoff nicht in den Text verarbeitet ist, sondern — um die starke Preiserhöhung eines völligen Neusatzes für den Käufer zu vermeiden — als Anhang (von 22 S.) angefügt wurde. Die Änderungen und Ergänzungen sind meist sehr kurz; etwas umfangreicher (d. h. 1—2 S.) bei den Kapiteln: Kohle und Teer (S. 646), Gerbstoffe (S. 661), Kampfer (S. 652), Theorie der Hefegärung von Neuberg (S. 644). Die Kunst, aus umfangreichen Arbeiten das Wesentliche in knappster Form herauszuschälen, ist auch hier wie im Text fast bis zur Virtuosität ausgebildet. Das Buch will wörtlich gelesen werden. Man könnte befürchten, daß die dadurch erreichte Reichhaltigkeit des Inhalts auf den Anfänger verwirrend wirkte, wenn für denselben nicht durch den verschiedenen Druck eine Sonderung in mehr oder weniger Wichtiges vorgenommen wäre. Ebenso belehrend und anregend wirkt das Werk auch auf den Vorgeschnittenen, dem überdies durch die zahlreichen Hinweise auf die Originalarbeiten die Möglichkeit weiterer Vertiefung geboten wird.

P. Friedländer, Darmstadt.

Roth, W. A., Physikalisch-chemische Übungen. 3. vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig, Leopold Voß, 1921. VIII, 278 S. und 75 Abbildungen im Text. Preis geb. M. 30,—.

Als dies Werk 1907 in erster Auflage erschien, konnte es für sich das Verdienst in Anspruch nehmen, gerade zur rechten Zeit gekommen zu sein; damals begannen die physikalisch-chemischen Methoden sich aus den Laboratorien, in denen sie in der Hauptsache geschaffen worden waren, über alle naturwissenschaftlichen Forschungsstätten zu verbreiten, und *Roths* Schrift, die bereits 1909 ins Englische übersetzt wurde, hat sicherlich den physikalisch-chemischen Messungen vielfach die Wege geebnet. — Die jetzt vorliegende dritte Auflage wurde — infolge der Ungunst der Zeit — als photomechanische Reproduktion der 2. Auflage hergestellt, trotzdem aber vielfach verbessert und mit einer Anzahl von Zusätzen versehen, die, soweit sie nicht an der richtigen Stelle aufgenommen werden konnten, am Schlusse untergebracht wurden. — Diese Zusätze betreffen das Beckmann-Thermometer, die Schmelzwärme, spezifische Wärme, Absorptionsspektren, Reaktionsgeschwindigkeit, elektrisches Leitvermögen, Wasserstoffelektrode und thermische Analyse der Legierungen. Völlig neu ist ein Abschnitt über die Kolloidchemie, in dem der Studierende mit den wichtigsten Eigenschaften und Untersuchungsmethoden der Kolloide bekanntgemacht wird. Da in der 2. Auflage auch bereits die Hauptmethoden der Radioaktivität besprochen waren, so darf man wohl sagen, daß kein wichtiger Zweig physikalisch-chemischer Forschung außer acht gelassen worden ist. — Wenngleich dies Werk in erster Linie als Anleitung zum Arbeiten im Laboratorium dienen soll und dementsprechend den Hauptwert auf die Beschreibung der Apparate und ihrer Handhabung, der Ausführung der Messungen usw. legt, so verzichtet es doch durchaus nicht auf die Erläuterung der theoretischen Zusammenhänge und ist somit auch besonders geeignet, den Forschern der Nachbarwissenschaften, die nur gelegentlich mit physikalisch-chemischen Messungen zu tun haben, die Arbeit zu erleichtern. Angenehm ist es mir aufgefallen, daß der Verfasser sich nicht darauf beschränkt, bestimmt vorgeschriebene Übungsaufgaben zu stellen, sondern mehrfach zusammenhängende Messungsreihen vornehmen läßt und so den gewandten Praktikanten gewissermaßen zu kleinen wissenschaftlichen Untersuchungen anregt, die natürlich ein viel tieferes Eindringen ermöglichen als isolierte schematische Messungen.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Ludewig, P., Radioaktivität. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1921. 133 S. und 37 Abbildungen. Preis geb. M. 2,10 + 100 %.

Auf 125 Seiten im bekannten Format der Sammlung Göschens werden hier nicht nur die physikalischen und chemischen Ergebnisse der Radiologie (Periodisches System, Bau der Atome, Atomzerfall, Isotopie, Eigenschaften und Wirkungen der Strahlen) besprochen, sondern wir finden auch Kapitel über die Grundlagen der Meßtechnik, über die Ausführung der praktischen Messungen und zuletzt noch ein relativ umfangreiches (22 Seiten) über die Anwendung der radioaktiven Strahlen in der Medizin. Es ist selbstverständlich, daß ein so großes Programm auf so engem Raum zur äußersten Kürze nötigt, und gelegentlich leidet dadurch etwas die Verständlichkeit der Darstellung. Wenn jemand etwa in dem Kapitel über das periodische System liest: „Die

Verbesserung gegenüber dem alten System besteht darin, daß die Elemente nicht in der Reihenfolge der Atomgewichte, sondern in der Reihenfolge der Ordnungszahlen aufeinander folgen“ (S. 16), und zum Vergleich ein beliebiges Lehrbuch der Chemie in die Hand nimmt, so wird er zu seinem Erstaunen sehen, daß die Reihenfolge der Elemente bereits in den alten Darstellungen des periodischen Systems genau dieselbe war. Um noch aus einem anderen Kapitel ein Beispiel herauszugreifen: Die Möglichkeit, die Zahl der von einem radioaktiven Präparat ausgehenden α -Teilchen photographisch zu bestimmen, ist nicht „dadurch gegeben, daß jedes α -Teilchen ein Silberhaloidkorn der Plattenschicht photographisch zu verändern vermag“ (Seite 62); bei streifender Inzidenz werden durch einen α -Strahl eine ganze Reihe von Bromsilberkörnchen geschwärzt.

Der Wert des kleinen Buches dürfte hauptsächlich darin liegen, daß es Interesse für die Probleme weckt und den Weg in die Radiumliteratur weist; sehr zu begrüßen ist darum die vom Autor seinem Text vorangestellte Übersicht über die ausführlicheren Lehrbücher der Radiumkunde. Ferner möchten wir noch besonders die außerordentlich scharfen und klaren Zeichnungen der verschiedenen Meßapparate und elektrischen Schaltungen hervorheben. Wer freilich ein Quadrantelektrometer besitzt, wird wohl auch Gelegenheit haben, ein umfangreicheres Werk über Meßtechnik zu Rate zu ziehen, so daß der Platz der darauf bezüglichen Zeichnungen vielleicht besser anders ausgenutzt worden wäre. Die einfachen Elektrometertypen und ihre Schaltungen und die Methoden der Emanationsmessung sind aber dank den vorzüglichen Zeichnungen und knappen Erläuterungen so klar dargestellt, daß viele mit dieser kurzen und wohlfeilen Anleitung sich gut werden in der Praxis behelfen können.

Fritz Paneth, Hamburg.

Preuß, E., Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. Kurze Anleitung für Ingenieure, insbesondere Betriebsbeamte. Zweite Auflage, herausgegeben von Prof. Dr. G. Berndt und A. Cochius, Ingenieur. Berlin, Julius Springer, 1921. VII, 124 S., 153 Figuren und 1 Tafel. Preis geh. M. 14,—; geb. M. 18,40.

So groß die Erfolge der Metallographie in den letzten Jahrzehnten sind, so mangelhaft ist trotz allen Fortschritts auch heute noch ihre Fühlung mit der Praxis, was zweifellos zu einem großen Teile daran liegt, daß die Mehrzahl der Praktiker in der Zeit ihrer Ausbildung noch keine Gelegenheit hatten, die Metallographie kennen zu lernen. Um diese Lücke auszufüllen, um den Praktiker in die Lage zu versetzen, ohne zeitraubende theoretische Studien die allereinfachsten für die Praxis in Frage kommenden Ergebnisse und Verfahren der Metallographie anzuwenden, ist in diesem Büchlein, wie aus der ersten Ausgabe bekannt, eine Reihe von praktischen Fragen behandelt, die den Praktiker, auch in einem kleinen Betriebe, besonders interessieren können. Die Arbeitsverfahren sind genau beschrieben, und zur Beurteilung der Ergebnisse eine Reihe von Abbildungen gegeben, so daß ein Neuling an der Hand des Buches sich schnell einarbeiten kann. Das Buch entbehrt jedes theoretischen Ballastes, das den Praktiker abschrecken könnte. Den Fortschritten der Metallographie und dem steigenden Bedürfnis der Praxis nach metallographischer Durchdringung Rechnung tragend, haben die Herausgeber der zweiten Auf-

lage eine kurze Darstellung der Grundlagen der Metallographie des Eisens neu eingeschaltet, ohne dadurch die Allgemeinverständlichkeit der übrigen Abschnitte zu beeinträchtigen. Aus einem Verzeichnis der Kapitel mag man ersehen, über welche Fragen man sich vor allen Dingen aus dem Büchlein unterrichten kann: A. Makroskopische Prüfungen. I. Schleifen und Ätzen der Proben. II. Schweiß Eisen. III. Flußeisen. IV. Formänderungen des Eisens. V. Schweißungen. B. Mikroskopische Prüfungen. I. Technik. II. Haltepunkte und Zustandsdiagramme. III. Schmiedeeisen und Stahl. IV. Gehärteter Stahl. V. Gußeisen. VI. Ausglühen, Überhitzen, Verbrennen. VII. Das Walzen und die Kaltbearbeitung. VIII. Einschlüsse, Schweißnähte und Schlacken. C. Ergänzung der Metallographie durch andere Untersuchung.

Beiträge zur Metallurgie und andere Arbeiten auf chemischem Gebiet. Festgabe zum 60. Geburtstag für Professor Dr. Dr.-Ing. E. H. Hans Goldschmidt. Herausgegeben von Oscar Neuf. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff, 1921. 80 S. Preis geh. M. 15,—.

Der Name H. Goldschmidt ist allen Naturwissenschaftlern vom Goldschmidtschen Verfahren zur aluminothermischen Herstellung der Metalle her bekannt. Diejenigen, welche Gelegenheit hatten, in etwas nähere Berührung mit ihm zu treten, wissen außerdem, daß H. Goldschmidt ein Mensch von seltener Seelenkultur ist. Aber wenigen ist seine ganze Vielseitigkeit, die ganze Fruchtbarkeit seines Geistes bekannt.

Das vorliegende Buch gibt eine Reihe von kurzen wissenschaftlichen Beiträgen, die sich in der Hauptsache an Arbeiten von H. Goldschmidt anschließen und sich von der Pharmacie über Explosivstoffe bis zur Metallkunde erstrecken. Die knappen, von ersten Fachleuten anregend geschriebenen Abhandlungen geben einen kurzen zusammenfassenden Einblick in eine große Reihe von Problemen; viele dieser Abhandlungen werden auch dem Fachmann willkommen sein. Das Buch bietet die Möglichkeit, sich in leichter, angenehmer und doch gediegener Weise über eine Reihe von Spezialgebieten, die aktuelles Interesse haben, zu informieren. Deshalb kann das — übrigens auch recht preiswerte — Büchlein jedem naturwissenschaftlich Interessierten empfohlen werden.

Außerdem erhält man einen kleinen Einblick in den Schaffensprozeß des Jubilars, in sein geistiges Laboratorium, und wie fesselnd und anregend ein derartiger Einblick immer ist, braucht nicht erst gesagt zu werden.

G. Masing, Berlin.

Alexander-Katz, Bruno, Quarzglas und Quarzgut. Sammlung Vieweg, Heft 46. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1919. 52 S. und 43 Abbildungen. Preis M. 3,— + Teuerungszuschlag.

Das über 50 Seiten starke Heftchen gibt einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung sowie den augenblicklichen Stand der Quarzschmelzerei. In Anbetracht der Wichtigkeit, die den Erzeugnissen aus geschmolzenem Quarz oder Quarzsand in der Technik zukommt, ist jeder Versuch einer kritischen Beleuchtung der Methoden einer noch im Anfange der Entwicklung sich befindenden Technik sehr zu begrüßen. Auch eine vollständige Zusammenfassung aller bekannten gewordenen Methoden mit einer genauen Angabe der Literaturquellen ist vielfach von Nutzen und als dankenswerte Arbeit anzusehen.

Das vorliegende Heft kann weder auf eine kritische Sichtung der Methoden noch auf vollständige Zusammenfassung derselben Anspruch erheben.

Im Texte finden sich keine Literaturangaben, und ein am Schlusse des Heftes angeführtes Quellenregister ist als sehr unzweckmäßig zu bezeichnen, da es keinerlei Hinweis auf den Inhalt enthält. Die Anführung der Nummern der Patentschriften ohne Angabe des Gegenstandes der Erfindung oder der Namen der Erfinder ist ebenfalls als unzweckmäßig zu bezeichnen. Schließlich ist noch zu bemängeln, daß der Verfasser augenscheinlich nicht genügend unterrichtet ist über den prinzipiellen Unterschied zwischen Quarzschmelzen für optische und solche für anderweitige technische Zwecke. Dem Referenten ist bis jetzt noch keine größere optisch verwendbare Platte aus geschmolzenem Quarz zu Gesicht gekommen, als die von der Firma Schott und Gen. 1900 in Paris ausgestellt. Der Verfasser scheint aber zu glauben, daß die Herstellung von Platten solcher Größe zurzeit eine reine Spielerei ist (s. S. 6). Le Chatelier bestätigt in seinem Werke Kieselsäure und Silikate (Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H. 1920), S. 66—68, die Erfahrung des Referenten und nicht die des Verfassers.

Herschkwitsch, Jena.

Schmitt, Waldo L., The marine decapod Crustacea of California. In: University of California Publications in Zoology Vol. 23. Berkeley, Cal. 1921. 470 S., 50 Taf.

In beneidenswerter Ausstattung gibt W. L. Schmitt eine Monographie der Decapodenfauna Kaliforniens. Der erste Teil der Arbeit enthält eine ausführliche Beschreibung nebst Abbildungen der einzelnen Arten des Gebietes, er ist meist eine Kompilation aus den Arbeiten von Holmes und Rathbun. Mehr originalen Wert besitzt der zweite Teil, in dem die tiergeographische Stellung Kaliforniens behandelt wird. Der Autor beschäftigt sich nur mit der Litoralfauna, zu welcher 181 Arten des Gebietes gehören. Davon sind 42 Arten endemisch, 59 gehen weiter nordwärts, jedoch nur 9 bis in die Beringsee; 53 gehen südlich bis Niederkalifornien und Panama und 27 dehnen ihre Verbreitung sowohl nordwärts wie südwärts aus. So ergibt sich eine große Einheitlichkeit des weiten, zwischen 30° und 60° liegenden und von der Magdalenenbai bis Unalaska reichenden Gebietes, welche der Verfasser aus der gleichmäßigen Wassertemperatur dieser Gegenden erklärt. Diese Gleichmäßigkeit der Wärme hat zwei Ursachen. Einmal das Auftreten des warmen, japanischen Kuro Siwo, des Analogons des Golfstromes im Pacific, welcher in der Gegend von Sitka auf die amerikanische Küste auftritt und sich dann in einen nördlichen und einen südlichen Arm aufspaltet. Durch ihn wird die Küste Alaskas erwärmt. Andererseits geht zwischen dem Pugetsund und der Magdalenenbai ein Strom kalten Auftriebwassers an die Oberfläche der Küste, durch den der südliche Teil des Gebietes abgekühlt wird. Durch beide Faktoren wird eine einheitliche, geringen jährlichen Schwankungen unterworfenen Temperatur des ganzen Küstengebietes erzeugt, und damit ist auch die weite Verbreitung der kalifornischen Küstenfauna in befriedigender Weise erklärt.

9 Arten hat Kalifornien mit Japan gemeinsam; auf die Deutung dieser Tatsache geht der Verfasser nicht ein. Es würden zwei Möglichkeiten bestehen, einmal eine Verschleppung im Larvenstadium durch den Kuro Siwo, oder eine Umwanderung längs des Kurilen- und Aleutenbogens. Nach der Meinung des Referenten kommt nur die zweite Möglichkeit in Betracht, da einige der Formen tatsächlich aus dem nördlichen, wenig durchforschten Gebiete bekannt sind.

Auch auf die neuerdings in Deutschland (*Küken-
thal, Pax, Balß*) viel diskutierte Frage, ob eine Ähn-
lichkeit der kalifornischen Fauna mit der der Antillen
besteht, welche durch die von den Geologen in früheren
Zeiträumen angenommene marine Verbindung über den
Isthmus von Panama zu erklären ist, geht *Schmitt* lei-
der nicht ein, obwohl gerade die Decapoden hier gut
in bejahendem Sinne herangezogen werden könnten.

H. Balß, München.

**Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärt-
nerei.** Für Botaniker, Gärtner, Landwirte, Forst-
leute und Pflanzenfreunde. Vierte neubearbeitete
Aufl. 337 S., 150 Abb. im Text. Jena, G. Fischer,
1921. Preis M. 40,—.

Die Darstellung der Pflanzenphysiologie, die *Mo-
lisch* mit dem vorliegenden Buch in erster Linie den
Gärtnern und Gartenfreunden widmet, ist eine der er-
folgreichsten Erscheinungen unserer botanischen Lehr-
buchliteratur. Die schnelle Folge, in der neue Auflagen
des Werkes nötig werden, enthebt den Referenten der
Aufgabe, die Vorzüge des schönen Buches von neuem her-
vorzuheben. Es genügt, auf die Ausgabe einer vierten,
abermals verbesserten und vermehrten Auflage hinzu-
weisen. Von den Fragen, deren Diskussion wir in der
vorliegenden vierten Auflage aufgenommen finden,
sind die des Weber-Fechnerschen Gesetzes, des Wasser-
steigens und der Beteiligung lebender Zellen an diesem
erwähnt, sowie *Boses* neue Wachstumsmessungen.

E. Küster, Gießen.

Domarus, A. von, Methodik der Blutuntersuchung. Mit
einem Anhang: *Zytodiagnostische Technik.* Berlin,
Julius Springer, 1921. XII, 489 S., 196 Abbildungen
und 1 Tafel. Preis M. 58,—.

Der Verfasser behandelt nur die Blutuntersuchun-
gen im engeren Sinne; die serologischen, bakteriologi-
schen und protozoologischen Methoden sind nicht auf-
genommen. Dafür ist auch die Untersuchung der blut-
bereitenden Organe und die zelluläre Diagnostik der
Körperflüssigkeiten und Exsudate mit aufgenommen.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

(Schlesische Gesellschaft für vaterländische
Kultur.)

Sitzung am Dienstag, den 21. Juni 1921.

1. **R. Minkowski, Bestimmung der relativen
Dampfdruckkurve des Natriums durch Messungen der
magnetischen Drehung der Polarisationsebene.** Aus
Messungen der magnetischen Drehung der Polaris-
ationsebene in der Umgebung der *D-Linien* des Natriums
in reinem gesättigten Metaldampf wird mit Hilfe der
Formeln der Voigtschen Theorie die Zahl \mathcal{N} der Disper-
sionselektronen pro Volumeneinheit berechnet. Der Na-
triumdampf befindet sich dabei in einem evakuierten
Glasrohr, das in einem elektrischen Ofen auf konstanter,
mit Thermoelement gemessener Temperatur gehalten
wird. Die Unabhängigkeit der Resultate von der Meß-
methode der Drehung (Savartsche Platte und gekreuzte
Nikols), die bereits von *H. Senftleben* festgestellt war,
wurde bestätigt und durch Kontrollversuche nach-
gewiesen, daß Verunreinigungen des Dampfes die Re-
sultate nicht verfälscht haben. Dem durchgemessenen
Temperaturgebiet von 509 bis 694° abs. entspricht eine
Variation der Dampfdichte im Verhältnis 1 : 500. Das
Verhältnis $\mathcal{N}_{D_2}/\mathcal{N}_D$ ergab sich in Übereinstimmung mit
zahlreichen älteren Untersuchungen zu $2,03 \pm 0,09$.
Bildet man aus \mathcal{N} die Größe

Wer dem Sondergebiet der Hämatologie ferner
steht, wird über den Umfang, den die Darstellung der
Methoden allein angenommen hat, erstaunt sein, bis
er sich darüber unterrichtet hat, wie mannigfaltig
Chemie, Physik und auch physikalische Chemie hier der
Klinik nutzbar gemacht sind.

Das außerordentliche beschreibende Geschick des
Verfassers, das den geübten Kurslehrer verrät, wird
dem Leser sehr zustatten kommen. Die einzelnen Me-
thoden werden sehr eingehend beschrieben, ihre Fehler-
quellen und ihre Klippen genau dargelegt, so daß selbst
schwierige Untersuchungen ohne praktische Anlei-
tung ausführbar werden. Das kann aber nicht für die
Färbemethoden gelten; hier kann auch die genaueste
Beschreibung nicht den praktischen Wert einiger guter
Abbildungen ersetzen, die gerade hier leider fehlen.

A. Lazarus, Berlin-Charlottenburg.

**Bühler, Karl, Abriß der geistigen Entwicklung des
Kindes.** Wissenschaft und Bildung Nr. 156. Leip-
zig, Quelle u. Meyer, 1919. 154 S. Preis M. 3,—.

Bühlers kleiner Abriß ist inzwischen durch die
zweite Auflage seines größeren Lehrbuches überholt
worden. Aber vielleicht ist auch für den Abriß die
2. Auflage schon unterwegs. Nicht weil er so verbesse-
rungsbedürftig erschiene. Sondern weil ihm eine große
Verbreitung zu wünschen ist. Wer sich nicht mit den
allgemeinen freundlichen Redensarten, wie sie in der
Kinderpsychologie und Pädagogik leider noch immer
vorherrschten, begnügen will, sondern ernstere wissen-
schaftliche Einblicke in die Entwicklungsgeschichte
der kindlichen Seele erstrebt, muß heute zum kleinen
Bühlerschen Abriß greifen. Er wird dann vielleicht
bald Lust bekommen, auch das größere Lehrbuch noch
durchzuarbeiten, das begreiflicherweise die Probleme
noch deutlicher in den Gesamtzusammenhang der all-
gemeinen Psychologie stellt. — Wenn wenigstens jeder
angehende Lehrer den Abriß einmal gründlich durch-
sicht hat, so würde das auch für unsere praktische
Pädagogik großen Gewinn bedeuten.

Hans Gruhle, Heidelberg.

$$p = \frac{\mathcal{N}}{2,71 \cdot 10^{19}} \frac{760 T}{273}$$

in analoger Weise wie aus der Zahl \mathcal{N} der Atome pro
Kubikzentimeter den Dampfdruck p , so kann man bei
Voraussetzung der Proportionalität von \mathcal{N} und N
 $p = \alpha p$ setzen; hier ist α ein konstanter Faktor, der
sich zur Zeit des Abschlusses der Messungen nicht be-
stimmen ließ, weil keine zuverlässigen Dampfdruck-
messungen des Na vorlagen. Die Kurve zwischen der
reziproken Temperatur T und den aus den gemessenen
 \mathcal{N} -Werten berechneten p stellt dann eine relative
Dampfdruckkurve des Na dar, aus der sich mit Hilfe
der Clausius-Clapeyronschen Gleichung die Ver-
dampfungswärme I des Natriums bestimmen läßt. Es
ergab sich

$$I = 26\,000 - 2,34 T.$$

Aus Messungen von \mathcal{N} läßt sich der relative Partial-
druck des Na in Gemischen bestimmen. Über einer
Legierung von 52% Na und 48% K ergab sich der
Na-Dampfdruck gleich 0,60mal dem Dampfdruck des
reinen Na unabhängig von der Temperatur. (Ausführ-
liche Darstellung erscheint an anderer Stelle.)

2. **R. Ladenburg, Über die Verdampfungswärme
und die chemische Konstante des Natriums und über**

die Zerfallswahrscheinlichkeit des Na-Atoms im Resonanzzustand (im Anschluß an die Messungen des Herrn R. Minkowski). Auf Grund neuer absoluter Dampfdruckmessungen des Na zwischen 746 und 838° abs. der Herren F. Haber und W. Zisch im K. W. I. f. phys. Ch. lassen sich aus den im vorangehenden mitgeteilten optischen Messungen des Herrn R. Minkowski (zwischen 509–694° abs.) wichtige Schlüsse ziehen. Trägt man die Logarithmen der dort erhaltenen Werte p (s. o.) als Funktion von $1/T$ graphisch auf, so ergibt sich (für $D_1 + D_2$) eine gerade Linie, ebenso wie für einen Dampfdruck. Die Logarithmen der von Zisch gefundenen absoluten Drucke liegen innerhalb der Meßfehler von 2% auf der verlängerten Geraden. Mithin ist die oben angenommene Proportionalität von \mathcal{R} mit der Moleküllzahl N erwiesen. Die von Minkowski berechnete Verdampfungswärme des Na wird dadurch mit einer Genauigkeit von 1–2% bestätigt. Auf 0° abs. reduziert ergibt sich 25,9 kcal. Ferner folgt für den Proportionalitätsfaktor α zwischen \mathcal{R} (für beide D -Linien zusammen) und N der Wert 1 bis auf 2%. Quantentheoretisch kann man daraus (vgl. Ladenburg, Zs. f. Physik 4, 451, 1921) die Wahrscheinlichkeit α_{ν} für die spontanen Übergänge des Na-Atoms aus dem Resonanz- in den Normalzustand berechnen, wenn man über das Verhältnis der Quantengewichte dieser Zustände naheliegende Annahmen macht.

Es ergibt sich $\alpha_{\nu} = \frac{1}{\kappa \cdot \tau}$, wo κ das Verhältnis zweier kleiner ganzer Zahlen und τ die Abklingungszeit eines klassischen Resonators der Frequenz der D -Linien ist. Mittels der vorliegenden Dampfdruckmessungen und der zahlreichen Bestimmungen der spezifischen Wärme des Na (bis herab zu 50° abs.) berechnet sich die chemische Konstante des Na zu $C = C_0 + \lg M = 0,85$, also ergibt sich mit dem Molekulargewicht $M = 23,0$ der Wert für C_0 zu $-1,20 \pm 0,15$ statt $-1,59$ (nach Sackur-Tetrode-Stern). Zwar läßt die Unkenntnis der spezifischen Wärme des Na unterhalb 50° abs. und oberhalb des Schmelzpunktes sowie die Möglichkeit des Vorhandenseins mehratomiger Na-Moleküle (oberhalb 650° durch schwache Bandenabsorption nachgewiesen) eine gewisse Unsicherheit, doch müssen viele Fehlerquellen in gleichem Sinne wirken, um den Unterschied gegen den theoretischen Wert zu bewirken. Endgültig wird der Wert der chemischen Konstante des Na erst nach neuen Messungen der spezifischen Wärme im fraglichen Temperaturgebiet angegeben werden können. Im Hinblick auf verschiedene neuere Überlegungen betreffs der chemischen Konstante ist es bemerkenswert, daß der oben angegebene Unterschied gegen den theoretischen Wert zwischen $\lg 2$ und $\lg 3$ liegt.

3. R. Ladenburg, Die Einwirkung starker elektrischer Felder auf die Absorptionslinien (D -Linien) des Natriumdampfes (vorläufige Mitteilung). Kurz nach Bekanntwerden der elektrischen Zerlegung der Wasserstofflinien durch J. Stark im Jahre 1913 wurden vom Verfasser Versuche unternommen, um die Absorptions- D -Linien des Na durch elektrische Felder zu beeinflussen, aber auch in einem Feld von 27 000 Volt/cm war keine Änderung von 0,1 Å nachweisbar (vgl. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1914). Untersuchungen von Paschen-Gerlach an der Linie 2536 des Hg sowie einige Jahre später von Wood an verschiedenen Absorptionslinien blieben ebenfalls erfolglos.

Prinzipiell ist eine elektrische Beeinflussung von Absorptionslinien wegen der Analogie zum inversen Zeemaneffekt von Bedeutung, aber an den D -Linien nur in sehr starken Feldern zu erwarten. Da es nunmehr gelang, in Na-Dampf von niedrigem Druck (10^{-5} mm) elektrische Felder von 200 000 Volt/cm zu erreichen, wurden die Versuche mit der vortrefflichen Lummerschen Interferenzplatte des Breslauer physikalischen Instituts wieder aufgenommen. Als Lichtquelle dienten die hellen scharfen D -Linien einer mit Wechselstrom betriebenen Quarzkapillaren, in der sich Na-Dampf in einem Neon-Helium-Gemisch befand. Das Licht der leuchtenden Kapillaren durchsetzt ein mit Kondensatorplatten versehenes Na-Absorptionsrohr. Im Interferenzspektroskop erscheinen die D -Linien der Lichtquelle als ziemlich breite Maxima, durchzogen von äußerst feinen Absorptionslinien. Legt man an die 2 mm voneinander entfernten Kondensatorplatten eine Spannung von etwa 35 000 Volt (gemessen mit paralleler Funkenstrecke oder geeichtem Elektrometer), so zeigt sich eine deutliche Verschiebung der beiden Absorptions- D -Linien nach Rot (Transversaleffekt). Die Größe der Verschiebung betrug bei D_2 etwa 0,02 Å. Eine Aufspaltung der Linien und die Polarisationsverhältnisse konnten noch nicht mit Sicherheit erkannt werden. Auf Grund der Unsymmetrie des Effekts ist bereits zu erwarten, daß er eine gerade Funktion der Feldstärke, also vermutlich dem Quadrat der Feldstärke proportional ist. Die Art des Effekts ist mithin grundsätzlich verschieden von der ungleich größeren, symmetrischen Zerlegung der Wasserstoff- und der wasserstoffähnlichen Linien, die der ersten Potenz der Feldstärke proportional wächst (dem eigentlichen Starkeffekt); ähnelt dagegen durchaus den ebenfalls von Stark und seinen Mitarbeitern gefundenen Erscheinungen an den Hauptserienlinien in den Kanalstrahlen von Elementen höheren Atomgewichts (He, Li, Na u. a.) sowie an einzelnen Linien des Viellinienspektrums des Wasserstoffmoleküls. Diesen Emissionslinien analog verhalten sich also die hier untersuchten Absorptionslinien. Es ist bemerkenswert, daß W. Voigt bereits vor 20 Jahren aus der klassischen Elektronentheorie einen dem hier beschriebenen Effekt nach Art und Größe ähnlichen berechnet hat, indem er die quasielastische Kraft durch den Ansatz

$K = (k + k' r^2) r$; $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ erweiterte. Auch die Quantentheorie läßt im Falle wasserstoffähnlicher Atome einen unsymmetrischen, dem Quadrat der Feldstärke proportionalen elektrischen Effekt erwarten; denn nach Sommerfeld besteht die Wirkung der übrigen Elektronen auf das emittierende und absorbierende „Valenzelektron“ in gewisser Annäherung in einer kleinen Zentralkraft, die zur Coulombschen Kraft als Störungsmitglied hinzutritt; ein solcher Ansatz:

$$K = \frac{e^2}{r^2} - \frac{c_1}{r^4} - \frac{c_2}{r^6}$$

führt, wie Kramers bei Untersuchung der elektrischen Beeinflussung der Feinstruktur der Wasserstofflinien gezeigt hat, auf den oben genannten unsymmetrischen Effekt. Dies ist also der allgemeine Typus der elektrischen Beeinflussung wasserstoffähnlicher Atome. Versuche an anderen Absorptionslinien, speziell den höheren Seriengliedern und über die elektrische Doppelbrechung der Alkalidämpfe sind in Vorbereitung.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thasing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 39. (Seite 769—784)

30. September 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Untersuchungen H. Shapleys über Sternhaufen und Milchstraßensystem. Von A. Kopff, Heidelberg-Königstuhl. S. 769.

Geburt und erste Lebensmonate eines Schimpansen. Von G. J. von Allesch, Berlin. S. 774.

Besprechungen:

Haas, A., Einführung in die theoretische Physik. Von P. P. Ewald, Stuttgart. S. 776.

Kopff, A., Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie. Von Hans Thirring, Wien. S. 777.

Abraham, M., Theorie der Elektrizität. Bd. 2. Elektromagnetische Theorie der Strahlung. 4. Auflage. Von E. Orlich, Berlin-Charlottenburg. S. 777.

Valentiner, S., Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. 3. Auflage. Von Hartmut Kallmann, Berlin-Charlottenburg. S. 778.

Valentiner, S., Anwendungen der Quantenhypothese in der kinetischen Theorie der festen Körper und der Gase. 2. Auflage. Von Hartmut Kallmann, Berlin-Charlottenburg. S. 778.

Dingler, Hugo, Physik und Hypothese. Von M. Schlick, Rostock. S. 778.

Gehrcke, E., Physik und Erkenntnistheorie. Von M. Schlick, Rostock. S. 779.

Geographische Mitteilungen: S. 779—784.

Deutsche Südpolarexpedition von 1901—1903. Der Landverkehr in Nordwest-Kanada. Die Eingeborenen an der Panamaenge. Der Maifischfang der atlantischen Küste Nordamerikas. Santo Domingo. Tropenklima und weiße Rasse. Fortsetzung des skandinavischen Gebirges über Spitzbergen und Nordgrönland. Internationale Liste geographischer Namen. Neue Insel im Kratersee des Kloet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tagen erscheint:

Lunge-Berl

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

Unter Mitwirkung hervorragender Fachleute herausgegeben von

Ing.-Chem. Dr. Ernst Berl

Professor der Technischen Chemie und Elektrochemie
an der Technischen Hochschule zu Darmstadt

Erster Band

Siebente, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage

Mit 291 in den Text gedruckten Figuren
und einem Bildnis. (XXXII, 1100 S.)

In Ganzleinen gebunden Preis M. 294.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40/0 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C

Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 207 20

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle

übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Die Anschaffung des (225)

Handwörterbuchs der Naturwissenschaften



10 Bände in Halbleinen 1200 Mk., Auslandspreis 2880 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10 % Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Die Naturwissenschaften

aller Jahrgänge, auch einzelne

Kauft

Walther Brinkmann

Leipzig-Schönefeld.

(254)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Demnächst erscheint:

Intelligenzprüfungen an Menschenaffen

Von

Professor Dr. Wolfgang Köhler

Mit etwa 18 Skizzen und 7 Abbildungen. (etwa 320 S.)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Ultra-Strukturchemie

Ein leichtverständlicher Bericht

Von

Professor Dr. Alfred Stock

Zweite, durchgesehene Auflage

Mit 17 Textabbildungen. (III, 81 S.)

1920. Preis M. 12.— (und Teuerungszuschlag)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

30. September 1921.

Heft 39.

Die Untersuchungen H. Shapleys über Sternhaufen und Milchstraßensystem.

Von A. Kopff, Heidelberg-Königstuhl.

1. Bisher galt es als ein im wesentlichen gesichertes Ergebnis der astronomischen Forschung, daß die Gesamtheit der für uns wahrnehmbaren Sterne in einem Raum enthalten sei, der die Form eines abgeflachten Rotationskörpers besitzt. Die Sonne befinde sich sehr nahe dem Mittelpunkt desselben.

Nach den Untersuchungen H. v. Seeligers ist die Grenzfläche dieses Sternsystems genähert ein Rotationsellipsoid mit einer halben großen Achse von 28 000 und einer halben kleinen Achse von 5000 Lichtjahren¹). In der Richtung nach den Polen zu nimmt die Sterndichte nach außen rasch ab, senkrecht dazu (längs der Milchstraßenebene) dagegen langsam. Die Abgrenzung des Sternsystems nach außen ist eine scharfe; an der Oberfläche des Rotationsellipsoids fällt die Sterndichte fast plötzlich zu Null ab. Die neuen Untersuchungen von J. C. Kapteyn²) dagegen haben ein etwas anderes Bild ergeben. Eine scharfe Grenze des Systems ist nicht vorhanden. Die Sterndichte sinkt kontinuierlich auf null herab, und zwar wieder nach den Polen des Rotationskörpers zu rasch, in der Ebene der Milchstraße langsam. Die Kurven gleicher Dichte im Schnitt durch die Rotationsachse sind hier lemniskatenartige Linien. Betrachtet man praktisch als Grenze des Systems diejenige, bei der die Sterndichte unter den Wert 1:100 (Einheit ist die Sterndichte in der Umgebung der Sonne) gesunken ist, so erhält man als deren Entfernung vom Mittelpunkt in der Richtung der kleinen Achse wieder 5000 Lichtjahre, senkrecht dazu etwa 39 000 Lichtjahre.

Diese Ergebnisse bauen sich vor allem auf den Abzählungen der Sterne verschiedener scheinbarer Helligkeit an der Sphäre auf, Parallaxen und Eigenbewegungen sind dabei in Betracht gezogen. Die rein physikalischen Erscheinungen jedoch — der Lichtwechsel veränderlicher Sterne, die spektrale Beschaffenheit, die Farbe der Sterne — haben bisher bei den Untersuchungen über den Aufbau der Fixsternwelt so gut wie gar keine Rolle gespielt. An diese knüpft nun gerade H. Shapley an. Er kommt dabei zu Resultaten,

die den bisherigen in vielen wesentlichen Punkten völlig widersprechen. Die Sicherheit der neuen Ergebnisse hängt vorwiegend von einer Annahme ab. Shapley setzt stets voraus, daß überall im Kosmos die physikalische Beschaffenheit der Himmelskörper dieselbe ist. Damit erweitern wir die Vorstellung der Homogenität im Weltall um ein Erhebliches. Die Spektralanalyse der Sterne hatte uns dazu geführt, die Gleichheit der chemischen Konstitution als leitendes Gesetz für die Erforschung der im Weltall vorkommenden Stoffe anzunehmen. Das Element Eisen z. B. soll unter denselben äußeren Bedingungen dieselben typischen Spektrallinien zeigen, gleichgültig, ob es auf der Sonne oder dem Arktur leuchtet. Die Auffassung, die durch Shapley und seine Vorläufer in die Astronomie gebracht wird, geht nun weit über diesen Punkt hinaus. Wenn wir z. B. in der näheren Umgebung der Sonne feststellen können, daß alle Sterne mit besonderen spektralen Eigentümlichkeiten dieselbe absolute Helligkeit besitzen, so soll diese Eigenschaft für Sterne an beliebigen Stellen des Kosmos bestehen bleiben. Oder wenn wir an einer Stelle beobachten, daß das Gesetz der Lichtänderung von Variablen einen Zusammenhang zwischen Periodenlänge und mittlerer absoluter Helligkeit zeigt, so soll diese Gesetzmäßigkeit für jede andere Stelle im Kosmos auch gelten. In diesem Sinne wird den Untersuchungen die Annahme homogener physikalischer Beschaffenheit aller Himmelskörper zugrunde gelegt.

Mit dem Prinzip der physikalischen Homogenität im Kosmos steht und fällt das Gebäude, das Shapley errichtet hat. Das ist bei der Beurteilung seiner Ergebnisse immer zu beachten. Vielfach besitzen sie schon jetzt, besonders da sie sich gegenseitig stützen, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit. Aber die erhaltenen Zahlenwerte bedürfen vielleicht später noch der Korrektur; vor allem ist eine noch stärkere Sicherung des fundamentalen Prinzips selbst erwünscht.

2. Über die Untersuchungen Harlow Shapleys, der als Research-Astronomer am Mount Wilson-Observatorium (Kalifornien) tätig ist, ist in dieser Zeitschrift schon wiederholt berichtet worden³), doch läßt eine zusammenfassende Darstellung derselben vielleicht besser die Bedeutung der Ergebnisse erkennen. Die Arbeiten Shapleys auf diesem Gebiet setzen im Jahre 1916 ein und

¹) Näheres, besonders über die Sternverteilung innerhalb des Systems, siehe „Die Naturwissenschaften“ 7. Jahrg., 1919, S. 741.

²) Astrophys. Journal Vol. 52, S. 23. — Siehe auch „Die Naturwissenschaften“ 9. Jahrg., 1921, S. 88.

³) „Die Naturwissenschaften“ 8. Jahrg., 1920, S. 516 u. S. 744; 9. Jahrg., 1921, S. 224.

sind teils unter dem Titel: „Studies based on the colors and magnitudes in stellar clusters“ in den Contributions from the Mt. Wilson-Observatory (Astrophysical Journal), teils unter dem Titel: „Studies of magnitudes in star clusters“ in den Communications to the National Academy of Sciences desselben Observatoriums (Proceedings of the National Academy of Sciences) erschienen⁴⁾.

Die Untersuchungen Shapleys, die sich zum größten Teil auf photographische Aufnahmen aufbauen, die mit den großen Spiegelteleskopen des Mt. Wilson-Observatoriums erhalten sind, gehen von der Bestimmung der Entfernung der kugelförmigen Sternhaufen aus. Diese stellen Anhäufungen von Sternen dar, bei denen die Dichte von außen nach innen so stark zunimmt, daß im innersten Teil einzelne Sterne nicht mehr unterschieden werden können. Sie stehen im Gegensatz zu den offenen Sternhaufen, die eine solche Verdichtung nicht zeigen, und die meist unregelmäßiger als die Kugelsternhaufen gestaltet sind⁵⁾. In einer Anzahl von kugelförmigen Sternhaufen finden sich kurzperiodische Veränderliche vom Charakter der δ Cephei-Sterne, und diese zeigen hier, ebenso wie in der kleinen Magellanschen Wolke (wo sie zuerst von Miß Leavitt aufgefunden wurden) einen einfachen Zusammenhang zwischen der Periodenlänge und der mittleren scheinbaren Helligkeit. Da die Sterne in jedem einzelnen dieser Gebilde praktisch dieselbe Entfernung von der Sonne besitzen, so gilt der angegebene Zusammenhang auch für die Periodenlänge und die absolute Helligkeit. Dieselbe Beziehung besteht aber in gleicher Weise für die isoliert auftretenden δ Cephei-Veränderlichen in der Nähe der Sonne. Für diese gestatten die bekannten Eigenbewegungen die Herleitung einer mittleren Parallaxe und damit aus der scheinbaren Helligkeit an der Sphäre die Ermittlung der absoluten Helligkeit, welche ein veränderlicher Stern von einer gewissen Periode in der Einheit der Entfernung (entsprechend einer Parallaxe von $0'',1$) besitzt. Insbesondere hat sich auf diese Weise ergeben, daß Perioden, die kürzer sind als ein Tag, eine konstante absolute Helligkeit von $-0,23$ Größenklassen (photographisch) zugehört. Veränderliche mit solchen Perioden finden sich in den Sternhaufen fast ausschließlich vor.

Nun nimmt H. Shapley an, ebenso wie es schon vorher Hertzsprung und Russell für die Bestimmung der Entfernung der kleinen Magellanschen Wolke getan hatten, daß derselben Periodenlänge überall dieselbe absolute Helligkeit

⁴⁾ Eine eingehende Darstellung der Arbeiten H. Shapleys ist auch in der Kultur der Gegenwart Dritter Teil, 3. Abteilung, Band III, Astronomie (P. Guthnick, Physik der Fixsterne) enthalten. Dort sind einzelne Literaturangaben zu finden.

⁵⁾ Abbildungen beider Arten von Sternhaufen siehe z. B. „Die Naturwissenschaften“ 8. Jahrg., 1920, S. 742 und S. 744.

entspricht. Hieraus kann man mit Hilfe der scheinbaren Helligkeit der δ Cephei-Variablen in den Kugelsternhaufen deren Entfernung von der Sonne herleiten. Für 7 solcher Sternhaufen ist auf diese Weise die Distanz ermittelt worden.

Diese 7 Sternhaufen zeigen besondere Eigenschaften, die zu weiteren Methoden der Entfernungsbestimmung geführt haben. Faßt man in jedem kugelförmigen Sternhaufen die Helligkeit der 25 hellsten Sterne zu einem Mittelwert zusammen (die fünf ersten Sterne mit den größten Helligkeiten hat Shapley hierbei ausgeschlossen, um sich von den Einflüssen der Sterne frei zu halten, die etwa nur zufällig auf den Sternhaufen projiziert sind und nicht zu ihm gehören), so ist das Verhältnis dieses Mittelwertes zur mittleren Helligkeit aller kurzperiodischen Sternhaufenvariablen stets dasselbe. Die mittlere absolute Helligkeit der 25 hellsten Sterne ist dann, in Größenklassen ausgedrückt, um einen konstanten Betrag (1,28 Mg.) größer als die mittlere Helligkeit der Variablen; sie hat in der photographischen Skala für jeden Kugelsternhaufen den Betrag: $-1,51$ Größenklassen (photographisch). Fehlen demnach in einem Kugelsternhaufen die kurzperiodischen Veränderlichen, so kann der Vergleich der mittleren scheinbaren Helligkeit der 25 hellsten Sterne mit dem eben angegebenen absoluten Wert die Entfernung des Sternhaufens liefern. Den gefundenen Werten liegt also hier die Annahme zugrunde, daß für alle Kugelsternhaufen ausnahmslos die hellsten Sterne dieselbe absolute mittlere Helligkeit besitzen.

Ferner hat sich ergeben, daß die Sternhaufen mit bekannter, mittels veränderlicher Sterne oder aus der absoluten Helligkeit der hellsten Sterne hergeleiteter Entfernung übereinstimmend Durchmesser derselben Größe besitzen, und daß die absolute Gesamthelligkeit aller Sterne eines Haufens zusammengenommen jeweils denselben konstanten Betrag ($-8,8$ Mg.) zeigt. Man kann also auch — wieder die Gültigkeit des Prinzips der physikalischen Homogenität vorausgesetzt — aus dem scheinbaren Durchmesser an der Sphäre oder der scheinbaren Gesamthelligkeit eines Kugelsternhaufens allein dessen Entfernung ermitteln. Es ist nun hervorzuheben, daß überall da, wo verschiedene der vier angegebenen Methoden zur Bestimmung der Entfernung angewendet worden sind, diese zu übereinstimmenden Werten geführt haben.

Im ganzen konnten die Entfernungen von 86 kugelförmigen Sternhaufen bestimmt werden, und mit dieser Zahl dürften wohl die helleren dieser Gebilde erschöpft sein. Die einzelnen Werte sind sehr verschieden; sie liegen zwischen 21 000 Lichtjahren für α Centauri und 200 000 Lichtjahren für den Nebel NGC (New General Catalogue) 7006. Die Sternhaufen liegen also fast ausnahmslos in Entfernungen, die größer sind als die früher für das ganze Sternsystem gefundenen Grenzen.

3. Wir wollen zuerst den Aufbau eines

einzelnen Kugelsternhaufens betrachten, bevor wir uns zu deren Verteilung im Raum wenden. Die bei den verschiedenen Sternhaufen zutage tretende Gleichförmigkeit geht weit über die in der Annahme der physikalischen Homogenität bereits enthaltenen Eigenschaften hinaus; vor allem *wiederholen sich dieselben Eigenschaften vielfach bei den Sternen in der näheren Umgebung der Sonne*. Doch wollen wir, um bestimmte Zahlen angeben zu können, die Beschreibung des von *Shapley* besonders eingehend untersuchten Sternhaufens Messier 3 (NGC 5272) auswählen, der eine Entfernung von 45 000 Lichtjahren von der Sonne besitzt.

Der Durchmesser des Sternhaufens beträgt 470 Lichtjahre. Die 25 hellsten Sterne (deren photographische Helligkeit absolut genommen den Wert $-1,51$ Mg. besitzt) haben an der Sphäre eine mittlere Helligkeit von $14,2$ Mg.; Sirius würde in derselben Entfernung nur die Helligkeit eines Sternes 17 . Größenklasse zeigen, die Sonne sogar nur eine solche der 21 .— 22 . Größenklasse. Die Sonne würde also für die besten optischen Hilfsmittel des Mount Wilson-Observatoriums gerade an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehen. Hieraus geht hervor, daß wir in den kugelförmigen Sternhaufen nur die hellen Sterne überhaupt nachweisen können; schon deren Gesamtzahl ist jedoch sehr erheblich. Sie wird in Messier 3 auf etwa 40 000 geschätzt. Die Anzahl der bisher bekannten Veränderlichen beträgt in diesem Sternhaufen über 150.

Die *hellsten Sterne* dieses sowie der übrigen kugelförmigen Sternhaufen sind *rot und gelb*; sie gehören den Spektraltypen G und K an. Erst die *schwächeren Sterne* werden mit abnehmender Helligkeit *mehr und mehr blau* (Spektraltypen B und A). Wir haben hier eine bemerkenswerte Analogie mit den *Sternen der Umgebung der Sonne*. Auch hier sind die absolut hellsten Sterne gelb und rot, sie besitzen eine große leuchtende Oberfläche (Riesensterne), während die schwachen Sterne desselben Spektraltypus eine absolut kleine Oberfläche haben (Zwergsterne). Eine große Oberfläche ist auch für die hellsten Sterne der Kugelsternhaufen anzunehmen; sie sind Riesensterne. Die Zwergsterne sind in den Sternhaufen meist gar nicht wahrnehmbar. Daß diese Auffassung zutrifft, konnte neuerdings durch weitere Beobachtungen unmittelbar bestätigt werden⁶⁾. Für einzelne dieser Sterne vom Typus G und K hat sich zeigen lassen, daß der Charakter der Spektrallinien derjenige der Riesensterne ist. Vor allem aber finden sich bei den Riesen bzw. Zwergen dieser Spektralklassen unter den sonnennahen Sternen Unterschiede in der Helligkeitsverteilung des kontinuierlichen Spektrums. Das Verhältnis der Intensität von Rot zu Blau ist bei den Riesen größer als bei den Zwergen. Gleichzeitige Aufnahmen mit be-

sonderen farbenempfindlichen Platten ergaben nun dieselben Intensitätsverhältnisse für die Riesensterne in Sonnennähe sowie für die hellsten Sterne der Kugelsternhaufen. Da letztere eine sehr geringe scheinbare Helligkeit besitzen, so ist hierdurch wiederum, unabhängig von den früheren Methoden, deren große Entfernung wahrscheinlich gemacht.

Noch eine weitere Analogie zwischen den kugelförmigen Sternhaufen und den *Sternen in der Umgebung der Sonne* ist vorhanden, und zwar in bezug auf die Verteilung der roten und gelben Sterne einerseits und der blauen andererseits. Die kugelförmigen Sternhaufen sind — zum größten Teil wenigstens — gar nicht wirklich kugelförmig, sondern *in verschiedenem Grade abgeplattet*. Dies konnte teils durch Abzählungen, teils durch den unmittelbaren Anblick festgestellt werden. 30 Sternhaufen zeigen deutlich einen elliptischen Umriß; bei anderen, die kreisförmig erscheinen, ist wegen der geringen Sterndichte in den äußeren Teilen anzunehmen, daß sie uns in der Richtung der kleinen Achse erscheinen. Die Abplattung tritt um so deutlicher hervor, je schwächere Sterne noch in Betracht gezogen werden. Es sind also nur die hellen roten und gelben Sterne kugelförmig angeordnet, die blauen dagegen in einem Ellipsoid. *Auch in der Umgebung der Sonne* finden wir dieselbe Verteilung wieder.

Doch ist die Sterndichte hier viel zu gering, als daß wir von einer völligen Analogie des uns unmittelbar umgebenden Sternsystems mit einem Kugelsternhaufen reden könnten. Daß aber die helleren Sterne in der Umgebung der Sonne für sich ein abgeschlossenes, vom gesamten Milchstraßenkomplex wohl unterscheidbares System darstellen, hat *Shapley* wiederholt gezeigt. Sie bilden den *örtlichen Sternhaufen* (local cluster)⁷⁾, dessen Symmetrieebene gegen die Ebene der Milchstraße um etwa 12° geneigt ist. Die beiden zuerst von *Kapteyn* festgestellten Sternströme könnten dem örtlichen System bzw. dem allgemeinen Milchstraßensystem angehören.

4. Am bedeutungsvollsten für unsere Auffassung vom Kosmos sind diejenigen Untersuchungen *Shapleys*, die sich auf die Verteilung der im ganzen 86 Kugelsternhaufen im Raum beziehen. Schon in der *scheinbaren Verteilung an der Sphäre* tritt eine bestimmte Gesetzmäßigkeit zutage. In der Richtung nach den Sternbildern Auriga und Taurus zu fehlen diese Sternhaufen fast ganz, während sie in entgegengesetzter Richtung (nach dem Sagittarius hin) am häufigsten vorkommen. Es findet eine allmähliche Zunahme statt, jedoch nur bis zum Rand der Milchstraße hin; in letzterer fehlen die kugelförmigen Sternhaufen wieder vollständig. Dagegen treten in ihr gerade die offenen Sternhaufen fast ausschließlich auf.

⁶⁾ Annual report of the Director of the Mount Wilson-Observatory 1920.

⁷⁾ Vgl. den vor kurzem erschienenen Bericht in „Die Naturwissenschaften“ 9. Jahrg., 1921, S. 224.

Die durch die Bestimmung der Entfernung der Kugelsternhaufen aufgedeckte *räumliche Anordnung* derselben ist nun die folgende: Sie befinden sich in einem annähernd von einem gestreckten Rotationsellipsoid begrenzten Raum, und zwar im Innern in größerer Dichte als außen. Die Ebene der Milchstraße bildet eine durch die Hauptachse des Rotationsellipsoids gelegte Symmetrieebene. Die große Achse hat eine Ausdehnung von etwa 200 000 Lichtjahren, die dazu senkrechten Achsen eine solche von etwa 130 000 Lichtjahren. Die Sonne liegt innerhalb der Milchstraßenebene auf der großen Achse in einer Entfernung von etwa 60 000 Lichtjahren von der Mitte. Daher rührt es auch, daß an der einen Hälfte der Sphäre die kugelförmigen Sternhaufen fast ganz fehlen. Der die Milchstraße enthaltende Streifen, in welchem also keine Kugelsternhaufen enthalten sind, hat eine Dicke von etwa 12 000 Lichtjahren. Die Milchstraßenebene ist demnach nicht nur Symmetrieebene in bezug auf die Verteilung der Sterne im allgemeinen, sondern auch in bezug auf die der Sternhaufen.

Die Bevorzugung dieser Ebene erstreckt sich noch auf weitere Einzelheiten. Es wurde bereits hervorgehoben, daß die einzelnen Kugelsternhaufen zu einem erheblichen Teil selbst wieder abgeplattet sind, also bevorzugte (galaktische) Ebenen besitzen. Diese letzteren sind nun gerade für die der Milchstraße nächsten Sternhaufen *der allgemeinen galaktischen Ebene parallel*. Ferner zeigt sich, daß die kugelförmigen Sternhaufen im allgemeinen sich *der Milchstraßenebene nähern*. Die Bewegung ist, soweit deren Radialgeschwindigkeit hergeleitet werden konnte, eine recht erhebliche; Radialbewegungen von mehreren hundert Kilometern in der Sekunde sind beobachtet worden.

Ob freilich *der Streifen der Milchstraße* wirklich *frei von kugelförmigen Sternhaufen* ist, wie es nach ihrer Verteilung an der Sphäre zu erwarten wäre, ist von Shapley als eine offene Frage bezeichnet worden. Da diese Sternhaufen sich auf die Milchstraße zu bewegen, und da ferner die Kugelsternhaufen um so lockerer erscheinen, je näher sie sich dieser befinden, so schien die Annahme wahrscheinlich, daß die Sternhaufen sich bei ihrer Annäherung an die Milchstraße immer mehr auflösen und ausbreiten und schließlich innerhalb dieser zu offenen Sternhaufen werden. Man müßte dann erwarten, daß die ganze Mittelschicht des Komplexes der Kugelsternhaufen mit solchen offenen Sternhaufen angefüllt sei.

Shapley hat nun versucht, auch die *Entfernung und räumliche Anordnung* dieser letzteren zu ermitteln. Die Ergebnisse sind keineswegs den für die Kugelsternhaufen erhaltenen an innerer Wahrscheinlichkeit gleichwertig; trotzdem können sie als erste Annäherung an die Wirklichkeit betrachtet werden. Shapley nimmt einmal an, daß die roten und blauen Sterne der

offenen Sternhaufen in ihrer absoluten Helligkeit mit den roten Riesen und den B-Sternen in der Umgebung der Sonne übereinstimmen, und auf diese Weise gibt die Bestimmung der Farben und scheinbaren Helligkeit der Sterne in den offenen Sternhaufen eine erste Methode zur Entfernungsbestimmung. Eine zweite Methode beruht auf der Annahme, daß auch alle offenen Sternhaufen dieselben absoluten Durchmesser haben. Für 70 solcher Sternhaufen ergeben sich so Entfernungen zwischen 1300 und 52 000 Lichtjahren. Räumlich sind die Sternhaufen in einer flachen Scheibe angeordnet, die mit der Milchstraße zusammenfällt. Die Verteilung in verschiedenen Richtungen von der Sonne ist für die offenen Sternhaufen weit gleichmäßiger als für die kugelförmigen, die geringste Zahl findet sich jedoch wieder in der Richtung von Taurus und Auriga.

Eines ist nun wesentlich. Während in der Richtung nach dem Sagittarius hin die Kugelsternhaufen sich bis zu einer Entfernung von nahezu 200 000 Lichtjahren erstrecken, reichen innerhalb der Milchstraßenscheibe *die offenen Sternhaufen nur bis zum vierten Teil dieser Entfernung*; der übrige Teil wäre von Sternhaufen frei. Dieses Ergebnis ist äußerst unwahrscheinlich, da ja am Rande der Scheibe gerade eine Häufung von kugelförmigen Sternhaufen beobachtet wird, und diese eine Bewegung nach der Milchstraße hin zeigen. Es ist wohl anzunehmen, daß die Sternhaufen in größerer Entfernung von der Sonne, soweit sie innerhalb der Milchstraße liegen, *durch dunkle Materie*, wie sie vielfach auf photographischen Aufnahmen der Milchstraße zu erkennen ist, *verdeckt werden*. Nach dem früher Gesagten ist es wahrscheinlich, daß die so unserer Wahrnehmung entzogenen Sternhaufen ebenfalls offene sind, doch ist auch das Vorhandensein von kugelförmigen innerhalb der Milchstraßenscheibe nicht ausgeschlossen.

5. Eine Folgerung ist nun mit Notwendigkeit aus den bisher gefundenen Gesetzmäßigkeiten zu ziehen. Die *eigentliche Milchstraße* selbst, die darin enthaltene Anhäufung von Sternen und diffuser Nebelmaterie, kann sich nicht, wie man bisher annahm, nur auf eine Entfernung von 30 000 bis 40 000 Lichtjahren von der Sonne erstrecken. Wir müssen vielmehr annehmen, daß *die ganze galaktische Scheibe*, auch in ihrer längsten Ausdehnung von 200 000 Lichtjahren, *mit Materie angefüllt ist*, denn sonst wäre die räumliche Anordnung und das übrige Verhalten der Kugelsternhaufen nicht verständlich. In der Tat vermag Shapley die Auffassung, daß das eigentliche Milchstraßengebilde die Symmetrieebene des Sternhaufenkomplexes völlig erfüllt, durch verschiedene Argumente zu stützen.

Infolge der aus der Anordnung der Sternhaufen gefolgerten exzentrischen Lage der Sonne innerhalb der Milchstraße wird es leicht verständ-

lich, warum in der Richtung nach Taurus und Auriga hin die Milchstraße nur schwach leuchtet, während im Sagittarius und den benachbarten Teilen sich gerade die hellsten Stellen befinden.

Daß die *hellen Sternwolken der Milchstraße* sehr weit entfernte Gebilde sind, zeigt auch folgende Überlegung. Die Untersuchung der Farben der Sterne der 13. bis 15. Größenklasse in Milchstraßenwolken hat ergeben, daß diese im Mittel dem Spektraltypus A angehören. Diese Sterne besitzen aber in der Umgebung der Sonne sehr große absolute Leuchtkraft, und wir nehmen eine solche nun auch für die Milchstraßensterne an. Deren scheinbare geringe Helligkeit an der Sphäre ist dann auf ihre sehr bedeutende Entfernung zurückzuführen. Da nach den bisherigen statistischen Untersuchungen über die Sternverteilung im Milchstraßensystem gerade diese Sterne als absolut meist schwach galten (die Untersuchungen ließen Spektralcharakter und Farbe unberücksichtigt), so ist wohl zu verstehen, warum die bis jetzt angenommenen Dimensionen des Sternsystems weit unter den von Shapley gefundenen blieben. Die Annahme jedoch, daß physikalische Zusammenhänge zwischen spektralem Charakter und absoluter Leuchtkraft, die sich in der Nähe der Sonne als gesetzmäßige erwiesen haben, auch für entferntere Teile des Kosmos gelten, verdient sicherlich zum mindesten ebensoviel Vertrauen wie die Annahme des Gegenteils, und man kann daraus etwa die Zuverlässigkeit der neuen Ergebnisse gegenüber den älteren abschätzen.

Eine weitere Bestätigung erfahren die Resultate Shapleys noch durch verschiedene Untersuchungen von A. Pannekoek⁸⁾. Diese beruhen meist auf den Ergebnissen von Sternabzählungen und führen z. B. für *die hellen Wolken in Cygnus und Aquila* zu Entfernungen von durchschnittlich 160 000 Lichtjahren. Es wäre wichtig, diese Untersuchungen auf die verschiedensten Teile der Milchstraße auszudehnen, um so vor allem prüfen zu können, ob die Sonne wirklich stark exzentrisch innerhalb derselben liegt.

6. Die Untersuchungen Shapleys haben wesentlich Neues gebracht. Die Dimensionen unseres Sternsystems sind ganz bedeutend erweitert, und die Sternhaufen erhielten zum erstenmal eine kosmologisch bestimmte Stellung im Fixsternsystem. Sie bilden das Skelett einer in sich abgeschlossenen Materieinsel, in das sich die übrigen Sterne und die diffusen Nebelmassen

einordnen. Nur über die Zugehörigkeit der Spiralnebel zu diesem Sternsystem bestehen noch starke Zweifel; vielleicht gehören sie diesem an, vielleicht auch sind sie diesem gleichgeordnete Systeme.

Bei der engen Verknüpfung der Relativitätstheorie mit den kosmologischen Problemen⁹⁾ drängt sich angesichts der Ergebnisse der Arbeiten Shapleys natürlich die Frage auf, wie weit diese mit der Auffassung einer *räumlich geschlossenen Welt* im Sinne der Riemannschen Geometrie vereinbar sind. Wir vermögen diese Frage nicht erschöpfend zu beantworten. Mit Recht hebt Einstein in seinem Vortrag „Geometrie und Erfahrung“¹⁰⁾ hervor, daß es nicht erlaubt ist, den Krümmungsradius R der räumlich geschlossenen Welt aus der Dichteverteilung der Materie im Milchstraßensystem herzuleiten. Aber man darf doch wohl den von de Sitter angegebenen Wert von R (10^{12} bis 10^{13} astronomische Einheiten) als untere Grenze ansehen. Er entspricht einer mittleren Dichte von einem Hundertstel der Sterndichte in der Nachbarschaft der Sonne, also derselben Dichte, die Kapteyn für die Grenze des Sternsystems angenommen hat. Wahrscheinlicher ist eine noch kleinere mittlere Dichte; sie ergibt einen größeren Wert für R . Im geschlossenen Raum der Riemannschen Geometrie gibt es nun eine maximale Entfernung, die niemals überschritten werden kann. Ein Punkt, der sich von einem anderen in unveränderter Richtung bewegt, wird sich nach dem Erreichen der maximalen Entfernung, ohne seine Bewegung zu ändern, dem ersten Punkt wieder nähern. Die dem de Sitterschen Wert von R entsprechende maximale Entfernung im geschlossenen Raum beträgt mehr als 100 Millionen Lichtjahre. Also braucht man bei den Resultaten Shapleys keinen unendlichen Raum vorauszusetzen; auch bei einer räumlich geschlossenen Welt nimmt das gesamte Milchstraßensystem davon nur einen sehr kleinen Raumteil ein, und es wäre genügend Platz für ähnliche, von dem unseren weit entfernte Systeme vorhanden.

Eine weitere Bemerkung muß noch Erwähnung finden. Von jedem leuchtenden Körper gelangt im geschlossenen Raum das Licht auf zwei verschiedenen Wegen zum Beobachtungsort; auf einem kürzesten Weg, der uns das direkte Bild bringt, und einem in der Richtung entgegengesetzten, auf dem das Gegenbild eintrifft. Ferner werden durch wiederholten Umlauf des Lichtes im geschlossenen Raum eine Reihe weiterer Bilder und Gegenbilder hervorgerufen. Wären die Körper des Weltalls in Ruhe, und dieses von Absorption frei, so würden wir Bild und Gegenbild stets in entgegengesetzter Richtung und gleicher Helligkeit wahrnehmen. Die übrigen Bilder würden mit diesen beiden zusammenfallen.

Dies trifft aber nicht mehr zu, sobald die

⁸⁾ Vor allem: A. Pannekoek, The distance of the milky way. Monthly Notices of R. A. S. Vol. 79, Nr. 7, Mai 1919. Einwendungen, die neuerdings C. Easton gegen diese Untersuchungen gemacht hat (Monthly Notices Vol. 81, Nr. 3, Jan. 1921), dürften kaum stichhaltig sein. Easton findet Zusammenhänge zwischen den hellen Wolken der Milchstraße und helleren Sternen, die zweifellos näher als die Milchstraßenwolken stehen und schließt daraus auf die Nähe der Wolken selbst. Solche Zusammenhänge sind aber auch bei größeren Entfernungen der eigentlichen Wolken denkbar.

⁹⁾ Vgl. „Die Naturwissenschaften 9. Jahrg., 1921, S. 14.

¹⁰⁾ J. Springer, Berlin, 1921.

Körper sich in Bewegung befinden. Da uns die kosmischen Bewegungsvorgänge unbekannt sind, und wir vor allem auch über die Absorptionsverhältnisse des Lichtes bei Entfernungen von 200 Millionen Lichtjahren und mehr nichts wissen, so läßt sich über die Richtung und die Helligkeit des ersten Gegenbildes und der übrigen Bilder im allgemeinen nichts aussagen¹¹⁾.

Insbesondere können wir nicht erwarten, daß wir von dem System der Kugelsternhaufen, das sich von der Sonne aus hauptsächlich nach der einen Hälfte der Sphäre projiziert, in der anderen Hälfte ein Gegenbild wahrnehmen. Ebensovienig werden wir von fernen galaktischen Systemen Bild und Gegenbild in bestimmt angebbarer Weise wahrnehmen können. Ein besonders einfacher Fall tritt freilich dann ein, wenn das von einem fernen System ausgehende Licht gerade von einer solchen Stelle des geschlossenen (elliptischen) Raumes zu uns gelangt, die zur Zeit der Beobachtung eine maximale Entfernung von uns hat. Das System muß dann in zwei entgegengesetzten Richtungen in gleicher Helligkeit erscheinen. Doch ist, sobald man eine auch nur sehr geringe Absorption in Rechnung stellt, ein solches System gegenwärtig wenigstens unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit auch mit den besten optischen Hilfsmitteln.

Man kann also augenblicklich nur soviel sagen, daß die Annahme eines geschlossenen Raumes mit den Ergebnissen der Untersuchungen Shapleys nicht in Widerspruch steht.

Geburt und erste Lebensmonate eines Schimpansen.

Von G. J. v. Allesch, Berlin.

Die durch Koehlers Untersuchungen allgemein bekanntgewordene Schimpansengruppe der Anthropoidenstation in Teneriffa wurde infolge der Zeitumstände in den Berliner Zoologischen Garten überführt und dort wurde am 1. April ein männlicher Schimpanse geboren. Es ist der erste Fall solcher Art, der der wissenschaftlichen Beobachtung in ausführlichem Maße zugänglich ist, denn der einzige bisherige Fall in New York war insofern wenig ergiebig, als dort das Neugeborene gar nicht recht zum Leben erwachte, sondern, ohne Nahrung aufgenommen zu haben, nach wenigen Tagen starb¹⁾.

Die wesentlichsten Ergebnisse der bisherigen Beobachtung sind folgende:

Die Tragzeit läßt sich zwar nicht mit Genauigkeit feststellen, aber die letzte monatliche Blutung der Mutter fand Ende Oktober statt. Man hat also die Wahl, eine Tragzeit von nur 5 Monaten anzunehmen oder mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Blutung auch noch beim tragenden Tier ein oder mehrere Male weiterdauert. Im Aussehen und Verhalten der Mutter zeigte sich bis Ende Januar keine Veränderung; von da an wurde sie immer schwerfälliger, vorsichtiger und stiller. Der Bauch schwoll an, ohne über den Thorax vorzutreten, die Brüste blieben unverändert. Ebenso zeigte sich keine Verminderung ihrer für sie charakteristischen Freundlichkeit.

Die Geburt fand auf einem üblichen Strohnest statt, das sie sich im Gegensatz zu sonst auf dem Boden des Käfigs hergerichtet hatte. Sie war allein und lag auf dem Rücken; es ging rasch und ohne Schmerzenslaut vonstatten. Die Mutter nahm das Junge unter Freudentönen zwischen ihren Beinen weg, legte es sich an den Bauch und bedeckte es mit Stroh. Das Kleine war vollkommen bewegungslos. Darauf nahm sie es wieder hoch, steckte seinen Kopf in den Mund und schien daran zu saugen. Dann leckte sie es trocken, schüttelte es und warf es hin und her. Nach einer Stunde konnte man feststellen, daß es atmete. Die Alte begann dann das Innere der Placenta zu fressen, deren Reste man mit der Nabelschnur am nächsten Tag im Stroh fand. Vorgehaltenes Backobst mit Kartoffeln nahm sie an, auch trank sie ausgiebig Wasser.

Das Junge war etwas über 20 cm hoch und ist seitdem ruckweise um mehr als das Doppelte gewachsen. Die Haut war leuchtend rostfarben, wurde nach 14 Tagen grauer, bekam einen lichten Sepiaton, der wieder eine Zeit anhielt und sich im Beginn des 4. Lebensmonats in einen hellen Fleischton wandelte. Das erste Haar war sehr lang, schlicht, völlig schwarz, am Kopf klar gescheitelt. Am Ende der 4. Woche ging es aus, was die Alte durch Ausziehen ganzer Büschel unterstützte, wobei sie die Papillen zerkaut. Schon in der nächsten Woche kam das neue Haar, das anfangs kürzer blieb und einen leichten Stich ins Bräunliche aufwies.

Das Junge saß fast ununterbrochen durch 3 Monate Tag und Nacht am Bauch der Alten, anfangs durch die Schenkel und gewöhnlich auch eine Hand fast vollständig versteckt, indem er sich beiderseits in der Gegend der Beckenränder festkrallte. Nur ganz im Anfang kam es gelegentlich auch vor, daß er in der Leistengegend getragen wurde, wo Schimpansen nach Koehler kostbare oder besonders liebe Gegenstände einzuklemmen pflegen. Auch wenn die Alte auf dem Rücken lag, behielt er seinen Platz am Bauch, aber da es sich dann weniger sorgfältig festzuhalten brauchte, war diese Lage der gegebene Aus-

¹¹⁾ Vgl. P. Harzer, Die Sterne und der Raum. Jahresbericht der Dtsch. Mathematiker-Vereinigung 17. Bd., 1908, S. 237. Bemerkt sei, daß bei den hier angenommenen Dimensionen des geschlossenen Raumes die erste „Gegensonne“ bereits so schwach ist, daß wir aus ihrem Fehlen einen unteren Grenzwert für die Absorption des Lichtes nicht herleiten können.

¹⁾ Vgl. W. Reid-Blair, Zool. Sec. Bulletin, New York, Sept. 1920. — Mein erster Bericht über das Berliner Exemplar wurde der preuß. Akad. d. Wiss. als der Gründerin der Station vorgelegt. S. Sitzungsber. d. phil.-hist. Kl. v. 14. Juli 1921.

gangspunkt für die ersten Kriechversuche, die am Körper der Alten vorgenommen wurden.

Freilich gab es noch einen andern Anlaß zur Ortsveränderung, das Suchen nach der Brust. Auch bei diesem Tier schien die Nahrungsaufnahme im Anfang nicht recht vorstatten gehen zu wollen. 2 Tage lang sah man nicht, daß es frank. Am 3. endlich wurde beobachtet, daß es die Mutter, als es unter leisem Zappeln den Kopf hin- und herwandte und ein wenig quiekte, mit den Händen erfaßte, schüttelnd gegen den Boden und dann ruckweise aufwärts bewegte und ihm die Brust entgegenschob. Von da an wurde das Saugen deutlich und allmählich sehr kräftig. Das Schütteln wurde noch öfter beobachtet. Die Brust wurde unregelmäßig gewechselt.

Das Finden der Brust blieb noch viele Wochen schwierig. Am Bauch sitzend wandte der Kleine den Kopf mit offenem Maul nach allen Seiten, und da dies erfolglos blieb, fing er auch an, mit den Gliedern zu arbeiten. Aber selbst wenn eine Hand die Warze schon berührte, gab ihm das noch keine Richtung für die Bewegung, auch nicht, wenn er mit dem Maul bis auf einen ganz geringen Abstand in ihre Nähe gelangt war. Immer wieder fiel er selbst in seine Normalstellung am Bauch zurück oder wurde von der Alten dorthin geschoben. Selbst wenn sie auf dem Rücken lag und er nach vielem Hin und Her doch endlich an die rechte Stelle gelangt war, drängte ihn irgendeine zufällige Bewegung wieder weit ab und das Suchen mußte von neuem beginnen. Dazwischen kamen immer wieder die Fälle der Unterstützung durch die Alte vor, wobei nicht ersichtlich wurde, was sie im einzelnen Fall dazu bewog. Denn seine Anstrengungen, sein Quieken usw. blieben sehr oft erfolglos und andererseits wurde ihm die Brust auch spontan gereicht. Erst nach 3 Monaten war der ganze Vorgang so vereinfacht, daß man von einem zielbewußten Aufsuchen der Brust reden konnte.

Die Defäkation erfolgte unter besonderen Umständen. Die Alte nahm den kleinen, der sich im übrigen festhielt, plötzlich bei einem Bein hoch, so daß er in die Luft hinaushing. Der Kot fiel, ohne die Alte zu berühren, nieder. Dann wurde er in seine Stellung zurückgebracht. Oft aber wurde er schon wieder niedergesetzt, ehe die Darmentleerung erfolgt war oder während sie gerade erfolgte, manchmal geschah überhaupt nichts. Ein vorheriges Wasserlassen des Jungen hat sehr oft nicht stattgefunden und wurde auch ohne darauffolgendes Hochheben festgestellt. Die Dauer des Hinaushaltens war unregelmäßig.

Die Beweglichkeit des Jungen nimmt besonders seit Ende des 3. Monats ständig zu. Die einzelnen Gliedmaßen werden in ihren Gelenken selbständig gebogen, während sie früher meist nur als Ganzes bewegt worden waren, der reflektorische Schluß der Hände beim Festhalten am Pelz der Mutter läßt nach, dafür treten Greifbewegungen auf, die freilich noch nicht geordnet

sind. Er sucht z. B. sichtlich die Stange des Gitters zu fassen, trifft aber daneben, schließt dennoch die Hand und erreicht das Ziel erst nach mehreren Versuchen.

Die Loslösung von der Alten wird stufenweise herbeigeführt. In der Mitte des 3. Monats ließ die Mutter auf dem Boden sitzend den Jungen zwischen ihren ausgestreckten Beinen zum erstenmal herunter, indem sie ihn bei den Händen festhielt. Zur gleichen Zeit durfte er auf ihrem Körper bis zum Kopf hinauf und zum Rücken herum. Eine Woche später konnte er über die Beine hinaus und neben sie, wobei er zuerst trotz der Unterstützung noch nicht stehen konnte, sondern einknickte. In der ersten Augustwoche, also zu Beginn des 5. Lebensmonats wurde er zum erstenmal ganz losgelassen und ließ auch selbst die Mutter los, wenn er auch dabei in ihrer unmittelbarsten Nähe blieb und das Ganze nur wenige Minuten dauerte.

Schon etwas früher, Anfang Juli, hatte die Gehschule begonnen. Die Alte nahm ihn vor sich hin, hielt ihn fest und rückwärtsgehend zwang sie ihn, ihr auf 3 Beinen zu folgen, oder sie führte ihn vorwärts, indem sie ihn neben sich hielt. Diese Übungen wurden erst ziemlich selten und unregelmäßig abgehalten, werden aber seit Ende Juli immer häufiger und auf Strecken von über 10 m vorgenommen. Hindernisse wie Gruben oder Steine werden nicht berücksichtigt. Nur wenn er beim Hinstürzen zu schreien anfängt, wird er meist sofort hochgenommen. Auch eine vom Regen zurückgebliebene Wasserlache mußte er Anfang August durchschreiten, was aber durch auffallende Vorsicht als besondere Leistung gekennzeichnet wurde. Zur gleichen Zeit versuchte die Alte zum erstenmal, ihn auch beim Erklettern des hohen Laufbrettes nicht mehr in alter Weise zu tragen, sondern ihn an der Hand mitzunehmen.

Von der Mutter ist noch zu sagen, daß ihre große Erschöpfung mit völliger Blässe und starkem Zittern ungefähr eine Woche anhielt, daß sie in ihrem Gesicht zunächst auffallend verändert war und erst nach Monaten wieder ihren alten Ausdruck bekam.

Ihre Vorwärtsbewegung war im Anfang durch das Festhalten des Jungen stark gehemmt; sie stemmte ihren Körper als Ganzes mit den Händen vorwärts. Dann verwandte sie ein Bein, endlich beide und hielt das Junge nur mit einer Hand.

Von der zweiten Woche an wurde eine Zeitlang eine Schaukelbewegung beobachtet, die mit den Oberschenkeln oder durch Klopfen mit der Hand auf den Rücken des Jungen ausgeführt wurde und allmählich deutlich als Beruhigungsmittel diente.

Die Gemütslage der Mutter machte einen starken Wandel durch. Ihre Freundlichkeit sowohl gegen die Menschen wie gegen die Tiere, die sie die erste Woche nach der Geburt mit ihrer Zudringlichkeit arg belästigt hatten, blieb längere

Zeit unverändert. Ja sie war in jeder Weise bemüht, Aufregungen zu vermeiden und auch noch die andern zu beruhigen. Aber allmählich wurde sie, ohne jede böse Erfahrung, mißtrauisch und unzuverlässig, was sich bis zu einem plötzlichen Angriff auf den Wärter steigerte. Wurde sie beim Füttern auch nur angesehen, zog sie sich schon zurück. Seit Ende Juli löst sich diese psychische Spannung auf.

Besprechungen.

Haas, A., Einführung in die theoretische Physik mit besonderer Berücksichtigung ihrer modernen Probleme. Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1919 und 1921. 1. Bd. VII, 384 S. und 50 Abbildungen. Preis geh. M. 50,—; geb. M. 60,—. 2. Bd. VI, 286 S. und 30 Abbildungen. Preis geh. M. 45,—; geb. M. 53,—.

Das Haassche Buch bildet eine sehr glückliche Bereicherung der theoretisch-physikalischen Literatur. Seine Tendenz ist, wie es der Titel ausdrückt, darauf gerichtet, auch die modernen Probleme der Forschung lehrbuchmäßig darzustellen, so daß ihr Verständnis auf Grund des im Buch selbst gebotenen Lernstoffs möglich ist. Mit andern Worten; die neuen Teildisziplinen, wie Strahlungstheorie, Quanten- und Atomlehre, Relativitätstheorie, sollen nicht nur mehr oder weniger flüchtig ihrem Inhalte nach geschildert werden, sondern es soll ein einheitlicher logischer Aufbau bis zu ihnen hinführen und das Eindringen ermöglichen. In den älteren Lehrbüchern und in den klassischen Vorlesungen findet der Studierende zwar die vorbereitenden Gedankengänge, aber nicht die heute wichtigsten Ergebnisse und Schwierigkeiten. Diese mit dem Unterbau einheitlich darzustellen, ist eine dankbare Aufgabe, die in dem Verf. einen glänzenden Bearbeiter gefunden hat.

Man wird dem Verf. Dank wissen, daß er es durch zielbewußte Auswahl des Wesentlichen verstanden hat, sein Werk in bescheidenem Umfange zu halten. Die benötigten rund 650 Seiten sind durch eine flotte und knappe Darstellung voll ausgefüllt. Trotz des Bestrebens der Kürze zeichnet sich der Text im allgemeinen durch Deutlichkeit und Eindringlichkeit aus und öfters wird auf Schwierigkeiten für den Anfänger und näherliegende Fehlschlüsse besonders hingewiesen.

Der erste Band ist wesentlich den klassischen Grundlagen gewidmet. Mechanik, Elektrodynamik, ein wenig Optik sowie Elektronentheorie werden in ihm behandelt und dabei die mathematischen Hilfsmittel eingeführt: Vektoralgebra bei der Punktmechanik, Vektoranalysis bei Hydrodynamik, Tensoren, welche wegen der allgemeinen Relativität nicht fehlen sollen, beim Trägheitsmoment und in einem Paragraphen über Kristalloptik.

Band II behandelt die Atomphysik, die statistische Wärmelehre und die Relativitätstheorie. Er beginnt mit der Bohr-Sommerfeldschen Theorie der Spektren und geht dann zur „Theorie der Grundstoffe“ über, d. h. zu den Beziehungen der Elemente untereinander (periodisches System, Isotopen). Die Physik des einzelnen Atoms wird nach nicht ganz 70 Seiten zugunsten der Atomistik verlassen: der Statistik und Thermodynamik. Die durchaus moderne Darstellung der Thermodynamik auf atomistisch-statistischer Grundlage unter tunlichster Berücksichtigung der Tat-

sache der Quantenzustände fügt sich in besonders erfreulicher Weise in den Rahmen dieses Buches ein, das stets in herzhafter Weise von der Realität des atomaren Aufbaues der Materie ausgeht.

Die letzten 90 Seiten des Textes sind der speziellen Relativitätstheorie und der Theorie der Gravitation gewidmet. Während die spezielle Relativitätstheorie so ausführlich behandelt wird, daß sie auch dem weniger geschulten Leser durchaus verständlich sein dürfte, gilt dies für die knappe und stellenweise nur berichtende Darstellung der allgemeinen Relativitätstheorie nicht mehr in vollem Umfange.

Hier zeigt sich am deutlichsten eine Schwierigkeit, die bei dem Haasschen Programm notwendig an vielen Stellen auftreten muß: der Konflikt zwischen lehrbuchmäßiger Darstellung, Schwierigkeit des Stoffes und verfügbarem Platz. Wohl wird derjenige, dem die allgemeine Relativität schon etwas vertraut ist, das Schlußkapitel genüßreich finden; aber ob es dem Durchschnittsleser gelingen wird, mit den Schwierigkeiten der Riemannschen Geometrie einschließlich Christoffelscher 3. Indicesymbole auf Grund einer deutlichen, aber knappen Darstellung fertig zu werden?

Der Verf. bezeichnet sein Buch anspruchslos als eine „Einführung“ in die theoretische Physik. Mit größerem Recht könnte man es einen „Überblick“ über die theoretische Physik oder spezieller „Einführung in die modernen Teile der theoretischen Physik“ nennen. Denn obwohl die logische Vollständigkeit des Unterbaues (in den wesentlichen Punkten) anerkannt werden muß, bleibt er doch *didaktisch* für eine „Einführung“ im wörtlichen Sinne unzulänglich. In der Tat müßte eine Einführung, aus welcher der Leser den gebotenen Stoff zum erstenmal erfassen sollte, kurz gesagt, ein eigentliches Lehrbuch, die allgemeinen Sätze nicht nur mit der erfreulichen Klarheit bringen, wie es Haas tut, sondern sie in ihren speziellen Formen durch zahlreiche Anwendungen erläutern und einprägen. Dabei würde der Umfang des Buches der doppelte werden müssen.

Manchmal freilich, so scheint mir, könnte die Darstellung auch ohne Platzverbrauch konkreter gestaltet werden. So dürfte es sich empfehlen, dem Leser in der Mechanik nicht nur kinematische und dynamische Begriffe, d'Alembertsches und Hamiltonsches Prinzip und Lagrangesche Gleichungen im allgemeinen vorzuführen, sondern diese Sätze an mehreren Beispielen zum Leben zu erwecken (behandelt ist als solches wohl nur die Keplerbewegung). Der Schwingungsvorgang, die Pendelformel fänden hier eine geeignete Stelle. Bei der jetzigen Anordnung steht zwischen Elektrodynamik und Optik ein kurzes Kapitel über allgemeine Theorie der Schwingungen, wo in konzentrierter, aber blasser mathematischer Abstraktion ohne Figur (Resonanz!) und ohne Bezugnahme auf irgendein physikalisches Substrat die Lösungen der Differentialgleichung der Schwingung aufgestellt werden. Wer eine *Übersicht* über die theoretische Physik sucht, deren einzelne Teile ihm nicht ganz fremd sind, wird dies vom Verfasser öfters beliebte Verfahren mathematischer Typisierung der physikalischen Vorgänge ganz angenehm empfinden, da physikalischer Ansatz und mathematische Folgerung hierdurch scharf getrennt erscheinen. Wer aber wirklich eingeführt werden soll, dem muß zuerst der wundervolle Parallelismus zwischen physikalischem Gedankengang und mathematischer Gleichungsfolge klar gemacht werden, indem beide Darstellungen möglichst eng verflochten werden.

Als weiteres Beispiel hierfür möchte ich § 99 nennen. Das Problem ist die Verteilung in einem statistischen System. Es wird mit folgendem Satz eingeführt: „Das System besitze von einer Größe eine gewisse Quantität B , die gleich sei der Summe der Teilbeträge, die hiervon auf die einzelnen Individuen entfallen.“ Diese abstrakte Formulierung erleichtert in späteren Paragraphen das Einsetzen der Energie oder des Impulses als „Größe“ — aber was soll der Uneingeweihte sich zunächst unter dieser rein mathematisch eingeführten „Größe“ vorstellen?

Doch bleibt diese Kritik auf einzelne, wenn auch nicht unwesentliche Stellen beschränkt und darf nicht den Anschein erwecken, als ob der physikalische Inhalt hinter der Freude an der mathematischen Darstellung zurückträte. Im Gegenteil ist sowohl in den Hauptteilen des Textes wie in den zahlreichen teils kritischen, teils ergänzenden Anmerkungen unter dem Text der physikalische Sinn sorgfältig betont und gepilgert und — wie es einem Buch zukommt, das in die formal noch wenig entwickelten neuen Gebiete hineinreicht — an die Spitze gestellt. Besonders hervorgehoben zu werden verdient eine Zusammenfassung des Inhalts der einzelnen Kapitel am Schluß des Buches, die den Gedankengang trefflich überblicken läßt. Es ist das sozusagen die Disposition der Vorlesung, die der Student am Semesterschluß aufstellen sollte.

Wenn der Referent noch zu einer Einzelheit Stellung nehmen darf, so ist es das Urteil, das im Anschluß an die Ehrenhaftschen Versuche gleich zu Anfang des Abschnittes über Elektronik übernommen wird: „die Vorstellung von der Teilbarkeit des elektrischen Elementarquantums ist damit hinfällig geworden.“ Da die Richtigkeit der Deutung, die Ehrenhaft seinen Versuchen gibt, noch von zahlreichen Physikern auf Grund eingehender experimenteller Erfahrungen angezweifelt wird, und andererseits die Konstanz und Unteilbarkeit der Elementarladung nicht nur aus Millikans Versuchen (mit größeren Teilchen, wie bei Ehrenhaft), sondern auch aus den Spektren für das einzelne Atom folgt, so sind wir von einem so positiven Urteil wie dem obigen noch weit entfernt, und es ist auch didaktisch unrichtig, dem „Einzuführenden“ hierdurch die Sicherheit der Überzeugung zu nehmen. Daß bei der Beobachtung submikroskopischer Teilchen noch nicht alle Umstände aufgeklärt sind, zeigt sich auch in der von Ehrenhaft entdeckten „negativen Photophorese“, die in einer Anmerkung im Paragraphen über Lichtdruck als „experimentelle Entdeckung von noch nicht zu ermessender Tragweite“ begrüßt wird.

Ich möchte diese Besprechung, die wegen einiger Aussetzungen leicht einen ablehnenden Eindruck hinterlassen könnte, nicht schließen, ohne dem vortrefflichen und packenden Buche die wohlverdiente weiteste Verbreitung in den Kreisen aller derer zu wünschen, die einen Überblick über die modernen Probleme der Physik gewinnen wollen. P. P. Ewald, Stuttgart.

Kopff, August, Grundzüge der Einsteinschen Relativitätstheorie. Leipzig, S. Hirzel, 1921. VIII, 198 S. und 3 Textfiguren. Preis geh. M. 36,—; geb. M. 42,50.

Das Buch kommt dem zweifellos vorhandenen starken Bedürfnis nach einer leichtverständlichen Einführung in die Relativitätstheorie entgegen. Gerade die besten Werke auf diesem Gebiete (Weyl, Laue) sind für manche Physiker schlechterdings unverständlich; es ist darum sehr zu begrüßen, daß hier nun einmal ein Buch vorliegt, das in leichtfaßlicher Weise eine

für die meisten Zwecke völlig ausreichende Darstellung des physikalischen und mathematischen Aufbaues der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie bringt. Der Gedankengang des Buches entspricht ungefähr jener Ideenfolge, von der Einstein selbst bei der Aufstellung der Theorie geleitet wurde und die er in seinen zusammenfassenden Darstellungen von 1907 und 1916 niedergelegt hat. Dieser physikalische Gedankengang bildet das Skelett des Werkes, während das mathematisch formale Rüstzeug der Relativitätstheorie zwischendrin an jenen Stellen entwickelt wird, wo es sich als notwendig erweist. So führt der Autor den Leser verhältnismäßig mühelos von den einfachen Erwägungen über das Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik hinauf bis zur mathematischen Formulierung der Einsteinschen Gravitationstheorie. Die Einführung der Tensoranalysis im ersten Teile des Buches (spezielle Relativitätstheorie) ermöglicht es, schon die Gleichungen der Minkowskischen Elektrodynamik in der moderneren Einstein-Weylschen Schreibweise zu bringen, wodurch gegenüber den älteren Darstellungen der speziellen Relativitätstheorie viel an Einfachheit und Eleganz gewonnen wird. Im zweiten Teile des Buches (allgem. Relativitätstheorie) ist § 11, in welchem die Zusammenhänge zwischen der allgemeinen Relativitätstheorie mit der Riemannschen Geometrie erörtert werden, nach Ansicht des Ref. nicht ganz glücklich; hier hätte wohl die Darstellung klarer und einfacher gemacht werden können. Es ist zu hoffen, daß in den folgenden Auflagen, von denen das im übrigen vorzügliche Buch zweifellos mehrere erleben wird, dieser Paragraph eine Umarbeitung erfährt. Sehr gut ist die in § 13 gebrachte Diskussion über den grundsätzlichen Unterschied in der physikalischen Bedeutung der Einsteinschen Feldgleichungen von 1915 und den später (1917 bzw. 1919) modifizierten Feldgleichungen, die auf die räumlich geschlossene, endliche Welt führen. Kopff stellt sich hier auf den auch vom Ref. geteilten radikalen Standpunkt, wonach in einer wahrhaft relativistischen Gravitationstheorie und Mechanik die Trägheit der Körper ebenso wie die Schwere nur durch die Wechselwirkung der Körper aufeinander zustandekommt. Diese Auffassung ist aber nur bei Annahme der eben genannten modifizierten Feldgleichungen mit der Theorie vereinbar.

Im großen und ganzen stellt das Kopffsche Buch ein ausgezeichnet gelungenes Werk dar, das man jedem Studenten und Fachphysiker als erste Einführung in die Relativitätstheorie wärmstens anempfehlen kann.

Hans Thirring, Wien.

Abraham, M., Theorie der Elektrizität. Bd. 2. Elektromagnetische Theorie der Strahlung. 4. Aufl. VII, 394 S. und 11 Textabb. Leipzig, B. G. Teubner, 1920. Preis geh. M. 22,—; geb. M. 25,60 + Teuerungszuschlag.

Der zweite Band des rühmlichst bekannten Abrahamschen Buches „Theorie der Elektrizität“ liegt in vierter Auflage vor. Während der erste Band, über den in dieser Zeitschrift früher berichtet wurde, die nunmehr schon klassisch gewordene Faraday-Maxwellsche Theorie der Elektrizität behandelt, befaßt sich der zweite Band mit der modernen Elektronentheorie und der hieraus folgenden Theorie der elektromagnetischen Strahlung. Während wichtige Teile dieser Theorien heutzutage schon als gesicherter Besitz angesehen werden können, sind andere noch im Werden und dementsprechend heftig umstritten. Abraham weiß beide Teile mit sicherer Hand zu scheiden und wird dadurch namentlich für den Neuling, der sich in

das Gebiet einarbeiten will, zum zuverlässigen Führer. Die Darstellung ist durchweg von bemerkenswerter Einfachheit und Klarheit. Aber es sei auch diesmal betont, daß das Studium wesentlich erleichtert würde, wenn der Text reichlicher durch einfache schematische Bilder unterstützt würde.

Das Buch zerfällt in zwei Abschnitte. Der erste behandelt das Feld und die Bewegung der einzelnen Elektronen mit den Kapiteln: die physikalischen und mathematischen Grundlagen der Elektromagnettheorie, die Wellenstrahlung einer bewegten Punktladung und die Mechanik der Elektronen.

Der zweite Abschnitt behandelt die elektromagnetischen Vorgänge in wägbaren Körpern mit Kapiteln über die Mechanik des Strahlungsdruckes und die Relativitätstheorie. *E. Orlich, Berlin-Charlottenburg.*

Valentiner, S., Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. 3. Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1921. VIII, 92 S. und 8 Abbild. Preis M. 5,— + Teuerungszuschlag.

Schon ein Jahr nach dem Erscheinen der 2. Auflage liegt die neue 3. Auflage des Buches vor uns. Gewiß ein bereitetes Zeugnis für die Wertschätzung, die das Büchlein gefunden hat.

Die 3. Auflage unterscheidet sich nur in unwesentlichen Punkten von der zweiten (siehe Besprechung diese Zeitschrift 1920, S. 635).

Eine historische Einleitung führt dem Leser jene Erscheinungen und Tatsachen vor Augen, die bis zum Eingreifen der Quantentheorie einer theoretischen Erklärung nur schwer zugänglich waren. Besondere Kapitel sind der experimentellen Prüfung der Planckschen Strahlungsformel und dem lichtelektrischen Effekt gewidmet. Den Beschluß des Inhalts bildet ein Abschnitt über die Erweiterung der Quantentheorie auf mehrere Freiheitsgrade durch Planck und Sommerfeld und ein kurzer Einblick in die Bohrsche Theorie der Serienspektren.

In dem Buche ist neben der zweiten auch die erste Plancksche Theorie behandelt worden. Für den in diesem Gebiet noch unerfahrenen Leser wäre vielleicht eine schärfere Unterscheidung dieser beiden Theorien von Nutzen. Wenn auch eine endgültige Entscheidung zwischen ihnen heute noch nicht möglich ist, so würde doch eine Hervorhebung der Vor- und Nachteile dieser Theorien zur Klarheit bedeutend beitragen. Insbesondere müßte dann bei der Darstellung der Bohrschen Spektralthorie erwähnt werden, daß auf diesem Gebiet die zweite Theorie zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen bisher noch nicht ausreichte.

Hartmut Kallmann, Berlin-Charlottenburg.

Valentiner, S., Anwendungen der Quantenhypothese in der kinetischen Theorie der festen Körper und der Gase. 2. Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1921. 90 S. und 5 Abbild. Preis M. 5,60 + Teuerungszuschlag.

Dieses Büchlein stellt eine Ergänzung dar zu dem früheren Buch des Verfassers über die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. (Siehe vorstehende Besprechung.) Es gelingt hier dem Verfasser, einige der wichtigsten Anwendungen der Quantentheorie dem Leser in einfacher und verständlicher Form vorzuführen. Die Bedeutung des Buches läßt vielleicht am besten eine kurze Inhaltangabe erkennen.

Der Verfasser gibt eine ziemlich eingehende Darstellung der Theorien der spezifischen Wärme des

festen Körpers von Debye und Born und von Karman. Auch die ursprüngliche Theorie von Einstein und die Formeln von Nernst und von Nernst und Lindemann werden behandelt. Besonders erwähnenswert erscheint mir das Kapitel, in dem der Verfasser eine Übersicht gibt über die Bestimmung der charakteristischen Schwingungszahl des festen Körpers aus elastischen und thermischen Größen. Ein eigener Abschnitt ist ferner noch der Zustandsgleichung des festen Körpers nach Debye und Grüneisen gewidmet.

In dem Kapitel über die Rotationsenergie der Gase werden die verschiedenen Entwicklungsstadien der Quantentheorie, die auf diesem Gebiet gerade besonders deutlich in Erscheinung treten, kurz behandelt. Einen verhältnismäßig breiten Raum nehmen dabei die ersten Theorien von Einstein und Stern und Nernst ein, obwohl diese bereits überholt einer exakten theoretischen Grundlage entbehren. Im Anschlusse an die Rotationsenergie der Moleküle wird auch die Theorie der Bandenspektren von Schwarzschild erwähnt. Den Beschluß des Buches bildet ein Abschnitt über die chemische Konstante und die Theorien der Gasentartung von Sommerfeld und von Nernst.

Wie diese kurze Inhaltsangabe erkennen läßt, und wie es auch der Titel des Buches andeutet, wird das weite Gebiet der Anwendung der Quantenhypothese auf die Theorie der Serienspektren (diese ist ganz kurz in dem ersten Buch behandelt) und auf die Versuche von Frank und Hertz vom Verfasser nicht behandelt.

Hartmut Kallmann, Berlin-Charlottenburg.

Dingler, Hugo, Physik und Hypothese. Versuch einer induktiven Wissenschaftslehre nebst einer kritischen Analyse der Fundamente der Relativitätstheorie. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1921. XI, 200 S. Preis M. 30,—.

Das Buch ist ein typisches Beispiel dafür, wie ein richtiger und fundamentaler Gedanke durch Verzerrung und verkehrte Anwendung zu ganz absurden Folgerungen mißbraucht werden kann. Der richtige Gedanke, der den Anschauungen Dinglers zugrunde liegt, ist die besonders von Poincaré vertretene Lehre, daß gewisse Prinzipien der Wissenschaft auf Konventionen beruhen, bei deren Wahl der Gesichtspunkt der Einfachheit, der logischen Bequemlichkeit entscheidend ist. Der Verfasser glaubt hieraus schließen zu dürfen: Da die euklidische die einfachste der denkbaren Geometrien, der starre Körper das einfachste Naturgebilde und das Newtonsche Gravitationsgesetz das einfachste Naturgesetz ist, so sind diese drei als „Konstitutions-hypothesen“ der gesamten Physik zugrunde zu legen. Das heißt: Alle Naturerscheinungen müssen erklärt werden als Bewegungen starrer Körper, die im euklidischen Raume allein nach dem Newtonschen Attraktionsgesetz vor sich gehen!! Und diese Erklärung, meint der Verfasser, muß stets durchführbar sein, denn wo sie etwa auf Schwierigkeiten stößt, haben wir stets die Möglichkeit, die Existenz verborgener Massen „ins Weite und ins Feine“ anzunehmen, auf deren Anwesenheit alle Abweichungen zurückgeführt werden könnten. — Es wäre wohl ein vergebliches Bemühen, den Verfasser davon überzeugen zu wollen, wie sehr sein Verfahren (er nennt es „Exhaustionsmethode“) dem Geiste der wahren wissenschaftlichen Methode widerstreitet, die natürlich nicht diejenigen Grundannahmen als die „einfachsten“ wählt, die sich auf den ersten Blick als solche zu empfehlen scheinen, sondern vielmehr diejenigen, welche bei ihrer Durchführung das einheitlichste physikalische Weltbild lie-

fern. Es genüge daher, einige spezielle Ergebnisse der Dinglerschen Denkweise anzuführen, denn an ihren Früchten kann man die Brauchbarkeit einer Methode doch wohl am besten erkennen. Im letzten Abschnitt des Buches gibt er als Anwendung seiner Methode eine Kritik der Relativitätstheorie, die wahrhaft grotesk anmutet. Nur wenig sei herausgehoben. Nach Ansicht des Verfassers gelangt man zu der einzig „natürlichen“ Definition der Gleichzeitigkeit an verschiedenen Orten mit Hilfe möglichst vollkommen gleicher Uhren, die synchron gestellt und dann an die betreffenden Orte transportiert und abgelesen werden. Und er behauptet (S. 162), „daß Herr Einstein die natürliche Definition der Gleichzeitigkeit tatsächlich unbekannt war“ (!!). Die auf Übermittlung von Lichtsignalen beruhende Einsteinsche Definition der Gleichzeitigkeit sucht Dingler durch den Vergleich mit Schallsignalen ad absurdum zu führen; er glaubt sich darüber hinwegsetzen zu dürfen, daß der Vergleich hinfällig gemacht wird durch das Scheitern aller Versuche, die Existenz und Bewegung eines Trägers der Lichtwellen (einen „Ätherwind“) nachzuweisen; denn, so meint er S. 163, wenn man wolle, könne man an der Bewegung des Mediums der Schallwellen ebenso gut zweifeln, die Existenz eines Luftwindes brauche man nicht anzunehmen; „daß einem der Hut davon fliegt, das muß man anders erklären“ (vielleicht wird unser Hut durch unsere über Dinglers Behauptungen sich sträubenden Haare herabgeworfen?). Vom Verständnis der Relativitätstheorie ist der Autor noch sehr weit entfernt: sonst hätte er z. B. nicht wiederholt behaupten können, daß in der speziellen Theorie die Annahme der Einsteinschen Definition der Gleichzeitigkeit mit der Einführung einer nichteuklidischen Geometrie gleichbedeutend sei, oder daß eine Messung der Gravitationspotentiale g_{uv} infolge eines inneren Zirkels prinzipiell unmöglich sei, usw. usw. In einem besonderen Abschnitt „Warum Relativitätstheorien immer falsch sein müssen“ sagt er: „Jede Relativitätstheorie entspricht dem Versuche, bei einem Thermometer auf die Wahl eines Nullpunktes und auf die Wahl einer Gradenheit zu verzichten“ (!!). Wir wünschen dem Verfasser, daß er sich noch einmal aus seiner Sackgasse herausarbeiten und für seinen früher gezeigten Scharfsinn ein geeignetes Betätigungsfeld finden möge; sein Buch aber können wir nur mit tiefem Bedauern aus der Hand legen.

M. Schlick, Rostock.

Gehrcke, E., *Physik und Erkenntnistheorie* („Wissenschaft und Hypothese“, Bd. XXII). B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1921. 119 S. und 4 Abbild. Preis M. 8,— + Teuerungszuschlag.

E. Gehrcke tritt hier als Erkenntnistheoretiker auf den Plan. Wer verfolgt hat, wie dieser geschickte Experimentalphysiker bei früheren Gelegenheiten gestrauchelt ist, wenn er sein eigenes Gebiet verlassend, sich in die Höhen der Theorie hinaufwagte, wird ihn nur mit großer Besorgnis seine Wanderung in philosophisches Gebiet antreten sehen. Man atmet etwas erleichtert auf, wenn man bemerkt, daß der Verfasser, der offenbar wirklich das Bedürfnis fühlt, sich über die Prinzipien seiner Wissenschaft klar zu werden, im größten Teil des Büchleins auf bequemen und gebahnten Wegen bleibt, auf denen er mit seinem nicht allzu schweren Gepäck ganz gut fortkommt. Er setzt z. B. ganz richtig auseinander, daß es keinen Sinn hat, bei physikalischen Größen eine schlechthin genaue Angabe ihrer Maßzahl zu fordern, daß z. B. die Oberfläche der

Ostsee nicht auf 1 qcm genau definierbar, das Gewicht eines Menschen nicht auf 1 mg genau angebbar ist; er erklärt, daß sich niemand eine Entfernung von 3 Lichtjahren anschaulich vorstellen könne; daß es auf ökonomischen Prinzipien beruhe, wenn die Physik mit dem Begriff der Geschwindigkeit und nicht mit dem reziproken Werte, der „Langsamkeit“, arbeite; und auch sonst äußert der Verfasser über physikalische Grundbegriffe manches Klare und Richtige. An andern Stellen aber gleitet er aus und verliert vollkommen das Gleichgewicht. Ich führe nur zwei solche Stellen ohne Kommentar an. S. 103: „Allgemein ist also das Zeitelement dasjenige, was die Vektorgröße kennzeichnet und ist die Zeitgröße sozusagen der Urvektor der Physik. Wie der Zeitpunkt der Typus des Vektors, ist der Raumpunkt, der Massenpunkt der Typus des Skalars . . .“ S. 95: „nach oben hin erscheint die Skala der physikalisch definierbaren Temperaturen begrenzt durch denjenigen Hitzegrad, bei dem die Moleküle des erhitzten Körpers sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Eine noch größere Temperatur als diese ist nach unseren heutigen Erfahrungen ebenso wenig wahrscheinlich wie eine relative Geschwindigkeit zweier Massen, die größer ist als die doppelte Lichtgeschwindigkeit“. Und dies wird in einer Anmerkung so erläutert: „Wenn sich z. B. ein Elektron mit Lichtgeschwindigkeit (als β -Strahl) nach rechts und eines mit Lichtgeschwindigkeit nach links bewegt, so haben beide relativ zueinander die doppelte Lichtgeschwindigkeit.“ Die Relativitätstheorie wird von Gehrcke bekanntlich als eine unglaubliche Verirrung des menschlichen Geistes betrachtet, die durch seine eigenen Aufsätze darüber längst erledigt sei. Er tut sie denn auch hier mit ganz wenigen Sätzen (S. 84 und 92) ab. Der Leser aber, hoff ich, wird an diese Theorie denken, wenn er auf S. 5 dieser fragwürdigen Schrift den Satz liest: „Der Forscher, der eine neue Wahrheit entdeckt, hat nicht nur die sachlichen Schwierigkeiten der Materie zu überwinden, er hat meist auch gegen das Übelwollen von Menschen und gegen die Trägheit der Gehirne anzukämpfen.“

M. Schlick, Rostock.

Geographische Mitteilungen.

In der stattlichen Reihe der Bände, die das Werk der Deutschen Südpolar-Expedition von 1901–1903 nun schon umfaßt, ist während und trotz der Kriegszeit ein neuer Band erschienen. Vor uns liegt, 587 Seiten Text und 61 sorgfältig reproduzierte Tafeln umfassend, der achte zoologische Band (der vierzehnte der ganzen Reihe) und legt mit seinen sechzehn, auf gutem Papier sauber gedruckten Abhandlungen Zeugnis davon ab, mit welcher Kraft sich der Verlag und mit welcher Zähigkeit sich die Forschung der Not der Zeit zum Trotz zu behaupten gewußt haben. Und so dürfen wir voll Zuversicht hoffen, daß es dem einheitlichen Streben der Vereinigung wissenschaftlicher Verleger in Berlin und Leipzig, der beiden Herausgeber *Erich von Drygalski* in München und *Robert Hartmeyer* in Berlin und ihren Mitarbeitern im Reiche und im Auslande gelinge, das hochangesehene Werk zum guten Ende zu führen. Es sind noch sehr wichtige und umfassende Sammlungen, über die wir noch Aufschlüsse erhalten sollen: die Seesterne, die Schlangensterne, die Seegurken, die Seerosen, die Kalkschwämme, die Pycnogoniden und Amphipoden, die Appendicularien, die Robben und Wale; einiges andere liegt, wie wir dem Vorwort entnehmen, bereits schon wieder im

Manuskript vor, und weiteres ist dem Abschluß nahe: es ist heilige Pflicht des Reiches, das in Friedenszeiten unter dem weithin hallenden Rufe „Auf zum Südpol!“ im Wettbewerb mit anderen Kulturnationen des Erdballs rüstig Begonnene in sicherem Flusse weiterzuführen und nicht eher zu ruhen, bis auch der letzte Schluß aus den unschätzbaren Beobachtungen und Erfahrungen gezogen ist! — Der neue Band weist 189 Tierarten nach, von denen 32 dem eigentlichen antarktischen Gebiete angehören, die übrigen wärmere Meere bewohnen. Neu beschrieben werden insgesamt 48 Arten, darunter 14 antarktische. Die Gesamtzahl der von der Expedition erbeuteten Arten steigt hiermit auf 2974, die der im Bereiche der Antarktis bei der Winterstation gesammelten auf 949 und die der neu beschriebenen auf 1091.

Das erste Heft enthält „Beiträge zur Kenntnis der Süßwasserfauna des Kaplandes und einiger subantarktischer Inseln“. Ernst Vanhöffen, der weitestgeheiste unter allen Biologen und eine Autorität namentlich in der Kenntnis der Tierwelt der Polargegenden, leitet das Heft selbst ein und schickt ihm einige erläuternde Sätze voraus. (1) Es folgt der umfangreiche Beitrag des jungen Zoologen E. Rüge über die *Süßwasser-crustaceen* (mit Ausschluß der Ostracoden). Er hat 33 Arten nachgewiesen, und zwar 16 Cladoceren, 2 Euphyllpoden, 2 Amphipoden und 13 Copepoden; nach ihrer Herkunft entfallen 27 Arten auf die Umgebung der Kapstadt, 7 auf die Kerguelen, 2 auf Neu-Amsterdam; neu sind nur 3 Arten. Wertvoll wird die Arbeit durch eingehende Nachuntersuchungen schon bekannter Arten, tiergeographische und biologische Bemerkungen. (2) G. W. Müller gibt einen Nachtrag zu seiner schon früher erschienenen Ostracoden-Bearbeitung. Zu den damals behandelten 14 Arten, eine von St. Helena, die übrigen vom Kapland, kommen nicht weniger als 12 Arten, darunter 4 neue, hinzu, so daß von der Expedition insgesamt 26 Arten erbeutet wurden. (3) Karl Vliets behandelt südafrikanische Wassermilben, *Hydracarin*. Er hat darüber schon früher einmal, 1914, in den Zoologischen Jahrbüchern, System. Abteilung, Bd. 37, berichtet und nennt hier nur noch einige weitere Arten, darunter eine neue, und stellt das Gesamtergebnis in einer Liste zusammen. (4) L. Böhmig weist einen neuen rhabdocoelen Strudelwurm aus den süßen Gewässern des Kaplandes nach, *Phaenocora foliacea*, während (5) W. Michaelsen die Regenwürmer des Süßwassers vom Kapland, von den Crozetinseln, den Kerguelen und Neu-Amsterdam in einer Liste zusammenstellt, und (6) Joh. Thiele über je 3 südafrikanische Süßwasser- und Landschnecken berichtet.

Das zweite Heft füllt (7) A. H. Clarks Bearbeitung der *Crinoiden der Antarktis*, eine monographische Darstellung der antarktischen Crinoidenfauna auf breiter Grundlage, die nach einer geschichtlichen Einleitung ein Verzeichnis aller bekannten antarktischen Crinoiden mit Angaben über Vorkommen, Synonymie, Literatur nebst Bestimmungsschlüsseln bringt. „Die mit ungewöhnlicher Sorgfalt durchgeführte restlose Lösung dieser Aufgabe, so urteilt R. Hartmeyer, war nur dadurch möglich, daß der Autor Gelegenheit hatte, das Material von nicht weniger als 8 der 11 antarktischen Expeditionen, auf denen Crinoiden erbeutet wurden, zu untersuchen und die Ergebnisse für diese Monographie zu verwerten. Nicht minder wertvoll als der systematische Teil der Arbeit ist das sich daran anschließende tiergeographische Kapitel, das nicht nur die Wechselbeziehungen

zwischen den Lebensbedingungen und der geographischen Verbreitung im Bereiche der Antarktis behandelt, sondern gleicherweise auch alle übrigen Meeresbezirke in die Erörterung einbezieht. Aus diesen Darlegungen sei vor allem die bemerkenswerte Tatsache herausgegriffen, daß die 8 Arten antarktischer Flachwasser-crinoiden keine Beziehungen zu der Crinoidenfauna von Südafrika und Südastralien aufweisen, sondern in den Tropen in nahe verwandten Gattungen und Arten als Tiefseebewohner erscheinen. Mithin kann von einer eigenen Crinoidenfauna des antarktischen Flachwassers streng genommen nicht die Rede sein. Bipolarität ist nicht vorhanden. Alle endemischen Arten des arktischen wie des antarktischen Gebietes stammen von jetzt abyssalen Arten der intermediären Gebiete ab. In der Antarktis kann diese Verbindung heute noch verfolgt werden, in der Arktis dagegen ist sie seit langem unterbrochen. Viel reicher als die Crinoidenfauna des antarktischen Flachwassers ist diejenige der antarktischen Tiefsee (von 1800 m ab), doch erscheinen ihre Verbreitungsverhältnisse und ihre Verwandtschaftsbeziehungen zurzeit noch zu wenig geklärt, um ein endgültiges Urteil darüber abzugeben.“ Im Rahmen der Clarkschen Arbeit beschreibt Joh. Thiele eine neue parasitische Schneckenart, *Eulima capensis*, die in 7 Tieren auf einem Exemplar von *Comissia occidentalis* aus der Simonsbay gefunden wurde. Bisher sind erst in zwei Fällen solche Schnecken an Crinoiden festgestellt worden.“

(8) Der Bearbeitung der *Tomopteriden*-Ausbeute, einer Gruppe pelagisch lebender Ringelwürmer ohne Ruderborsten, hat sich E. Ehlers unterzogen. 5 der 9 aufgefundenen Arten sind stenotherm thermophil und ausschließlich im Warmwassergebiet des Atlantischen Ozeans beobachtet, während die 4 übrigen eurytherm sind, da sie sowohl in Kalt- wie in Warmwassergebieten zuhause sind. „Zwei Arten dieser letzteren Gruppe beanspruchen ein besonderes tiergeographisches Interesse. Die eine, *Tomopteris carpenteri*, verbreitet sich von der Antarktis durch die Tropen in das boreale Gebiet (bis 70° n. Br.) und ist vielleicht kontinuierlich bipolar; die andere, *Tomopteris septentrionalis* Steensstr., ist ausgesprochen bipolar; sie wurde an der Winterstation erbeutet und verbreitet sich nach Norden sowohl an der chilenischen Küste entlang wie bis an die Südspitze Afrikas, in beiden Fällen kalten Strömungen folgend, während auf der nördlichen Hemisphäre ihr Vorkommen an der irischen Küste nachgewiesen ist; im tropischen und subtropischen Bereich des Atlantischen wie des Pazifischen Ozeans ist sie dagegen bisher nicht gefunden worden.“ (9) A. Popofsky widmet einen weiteren (vierten) Beitrag der Naturgeschichte der von der Expedition gefangenen Radiolarien, und zwar der Familie der *Collospähriden*, und gelangt darin zu einer vollen Bestätigung der Ansichten Brandts über diese Gruppe. (10) A. Brinkmann gibt eine äußerst sorgfältige Darstellung der von der Expedition erbeuteten pelagischen Nemertinen. Die Wissenschaft ist erst seit etwa 40 Jahren (durch die Challenger-Expedition) mit diesen interessanten Tieren bekannt geworden. Auch heute noch sind pelagische Nemertinen große Seltenheiten. Über ihren Bau und ihre Verwandtschaft mit den bodenbewohnenden Formen weiß man recht wenig. Sie scheinen nur in großen Tiefen zu leben, sind daher schwer zu erbeuten. Auch ihrer wissenschaftlichen Untersuchung stehen erhebliche Schwierigkeiten im Wege. Die Expedition hat 4 Arten dieser seltsamen Tiere in 9 Exemplaren gesammelt, sämtlich im Atlantischen

Ozean. Drei Arten erwiesen sich als neu, eine erforderte zugleich die Aufstellung einer neuen Gattung.“

(11) Ein sehr wichtiger Beitrag sind die Untersuchungen *J. Bromans* über die *Embryonalentwicklung der Robben*, die sich in der Hauptsache mit der Entwicklung und dem Bau des Extremitätenskeletts der Seehunde befassen. „Die Ontogenie des Extremitätenskeletts der Pinnipedier wird hier an der Hand eines reichen Embryonenmaterials mehrerer Robbenarten in den verschiedensten Alters- und Entwicklungsstadien zum ersten Male einer systematischen Untersuchung unterzogen. Die auf breiter Grundlage durchgeführte Arbeit ist phylogenetisch wie vergleichend-anatomisch von gleicher Bedeutung, denn gerade die Robbenextremitäten, deren Skelette unmittelbar nach ihrer Entstehung in Form und Lage eine sehr große Ähnlichkeit mit den Extremitätenskelettanlagen von etwa gleichalten Embryonen fünfzehiger Landsäugetiere zeigen, haben während der Phylogenese in Anpassung an die Lebensweise im Wasser von allen Organen des Robbenkörpers die größte Umbildung erfahren. An die speziellen Untersuchungen schließen sich Bemerkungen über die Entstehung von Hypo- und Hyperphalangie bei den Säugetieren im allgemeinen an.“ (12) *W. Fischer* liefert eine monographische Darstellung der *Gephyreenfauna* der antarktischen und subantarktischen Meere. „Der auffallende Parallelismus, den die arktischen und antarktischen Gephyreen zeigen — es werden nicht weniger als 6 identische Arten aus beiden Polgebieten aufgeführt, zu denen noch eine Anzahl ähnlicher, in beiden Polgebieten auftretender Arten hinzukommt —, kann bei dieser Tiergruppe nicht durch die Pfeiffer-Murraysche Relikten-theorie erklärt werden, sondern nur durch die sogenannte Migrationshypothese, d. i. die Wanderung von Pol zu Pol auf dem Boden der Tiefsee, denn alle diese identischen, mit einer Ausnahme litoralen polaren Arten sind auch aus den intermediären Gebieten, hier aber nur aus dem Abyssal bekannt geworden, während bei den ähnlichen Arten beider Polargebiete in einem Falle ebenfalls eine verwandte Art im Zwischengebiet, gleichfalls im Abyssal, nachgewiesen ist. In einer dritten Gruppe endlich lassen sich Arten vereinigen, die im nördlichen Polargebiet und in der Tiefsee des Zwischengebietes auftreten, in der Antarktis aber fehlen. Von diesen Arten nimmt der Autor an, daß sie auf ihrer Wanderung das Südpolargebiet noch nicht erreicht haben.“ (13) *Joh. Thiele* legt die Bearbeitung der *Tintenfische* vor. „Das aus dem antarktischen Meere vorliegende Material dieser Tiergruppe besteht nur aus einigen unvollständigen Tieren, die fast sämtlich in Magen von Robben und Pinguinen gefunden wurden, sowie mehreren jugendlichen Formen. Um so mehr muß es anerkannt werden, daß der Autor auch dieses für eine Untersuchung und systematische Bewertung ungünstige und schwierige Material nach Möglichkeit verwertet und so die Möglichkeit geschaffen hat, diese mehr oder weniger problematischen Formen mit Hilfe von günstigerem Material wiederzuerkennen und vollends aufzuklären.“

(14) Die reiche Ausbeute an *Bandwürmern* aus antarktischen Säugetieren und Vögeln (18 Arten, darunter 9 neue) ist von *O. Fuhrmann* bearbeitet und unter Heranziehung anderen Materials zu einer breiten Darstellung der antarktischen Cestodenfauna erweitert worden. Es ergibt sich, „daß die antarktische Cestodenfauna im Gegensatz zu der der Arktis nur eine kosmopolitische Art aufweist, die überdies in der Arktis fehlt, im übrigen aber von ganz typischem Ge-

präge ist. Bipolare Arten gibt es nicht, wohl aber lassen sich Parallelen zwischen Norden und Süden feststellen.“ (15) Eine saubere anatomische Untersuchung der winzigen kriechenden Meduse der Antarktis, der *Eleutheria valleroni*, steuert *H. Lengerich* bei. „Die Arbeit verfolgt das Ziel, die Entwicklungstendenz aufzuklären, welche aus pelagischen Hydro-medusen die kriechenden Eleutheriden entstehen ließ, deren eigenartige Organisation nicht als etwas Ursprüngliches, sondern als weitgehende Anpassung an das Leben im Litoral aufzufassen ist“ und gibt sich als wertvoller Ausschnitt einer künftig erscheinenden größeren Monographie der Gattung. (16) Der Band schließt ab mit einem neuen Beitrag *A. Popofskys* über die Sphaerizoiden, einer Radiolariengruppe. Auch hier erweist sich *Brandts* Kritik gegenüber *Haeckels* Darstellung der Radiolarien als gut begründet. „Wie für die Collosphaeriden glaubt der Autor auch für die Sphaerizoiden annehmen zu sollen, daß noch mehr, wenn nicht sämtliche Arten, kosmopolitisch über die wärmeren Gebiete aller Ozeane verbreitet sind.“ — Dem letzten Hefte¹⁾ voran geht ein von Freundes-hand warmherzig geschriebener Nachruf auf *Ernst Vanhöffen*, aus der Feder *Erichs von Drygalski*.

Thilo Krumbach.

Der Landverkehr in Nordwest-Kanada. (*F. J. Alcock, Past and present trade routes to the Canadian Northwest; The Geographical Review 10, 57—83, 1920.*) Das nordwestliche Kanada ist seiner Natur und seinem Werte für den Menschen nach Sibirien vergleichbar; wie dieses ist es ein ausgedehntes nordisch-kontinentales, von strengen Wintern beherrschtes, inmäßigem Umfange anbaufähiges boreales Waldland, das von zeitlich beschränkt wegsamen, zu unwirtlichen Eismeerküsten hinführenden Strömen entwässert wird. Wie dieses lockte Kanada den Menschen zunächst durch seinen Reichtum an Pelztieren an, deren Aneignung es jedoch von der Lösung bedeutender Verkehrsaufgaben abhängig machte. Zwei Tore führen vom Atlantischen Ozean ins Innere Kanadas, die Hudsonbay mit dem Nelsonflusse und der Lorenzstrom. Jenes teilte das Entdeckungszeitalter den Engländern zu, die in York-Faktorei am Westrande der Hudsonbucht, dieses den Franzosen, die in Montreal einen Stützpunkt für den Binnenverkehr gründeten. Die beiden Einfallsstraßen münden in die große, vom Bärensee bis zum Ontario reichende, durch den Makenzie, den Saskatschewan und den Roten Fluß bis auf geringe Unterbrechungen fortlaufend verbundene Seenkette, deren Knotenpunkt der Winnipegsee ist. An diesem begegneten sich um die Mitte des 18. Jahrhunderts die auf dem „Yorkwege“ eindringenden Männer der Hudsonbay Company mit den „Voyageurs“ des Südweges oder „French way“. Wenige Jahrzehnte später, 1793, wurde nach Entdeckung des Atabaskasees, des Friedensflusses und des Mackenzie der Stille Ozean durch *Alexander Mackenzie* erreicht, womit die Indienstellung des natürlichen Straßennetzes im großen ihren Abschluß gefunden hatte. Daß dies so schnell geschah, ist dem Eifer der beiden Wettbewerber, einander zuvorzukommen, zu danken, zunächst dem Gegensatz der Franzosen und Engländer, dann, nach der Verdrängung

¹⁾ Deutsche Südpolarexpedition 1901—1903. Im Auftrage des Reichsministeriums des Innern herausgegeben von *Erich von Drygalski*, Leiter der Expedition. XVI. Band. Zoologie VIII. Band. Heft 1 bis 4. 1914 bis 1920. Berlin und Leipzig 1921, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger Walter de Gruyter & Co. (Ausgegeben im Dezember 1920: Heft IV.)

jener dem der englischen Hudson- und der schottischen Nordwestkompanie, die erst 1821 verschmolzen. — Die Auffindung dieses Wegenetzes bedeutet die Lösung einer großen hydrographischen Aufgabe, vergleichbar dem afrikanischen Probleme des Tanganika-Kongo-Weges: Vier Flußsysteme (St. Lorenz, Saskatschewan, Churchill, Mackenzie) waren entdeckt und mittels kürzester Landwege aneinandergeschlossen worden. Die größte Schwierigkeit, die Querung der Isthmen zwischen den einzelnen Systemen, wurde durch Schleppung der Fahrzeuge und Einschaltung von Landtransport in derselben Weise überwunden, wie einst in Rußland durch die Waräger und wie später von den Portugiesen und Spanier im Stromnetze Südamerikas. Die zeitliche Beschränkung der Schifffahrt durch den Winter stellte eine gewissermaßen sibirische Aufgabe vor und zwang, wie auf dem Ob und Jenissei, zu sorgfältiger Einteilung eines den Jahreszeiten angemessenen Fahrplanes. Die Hindernisse, die die Flüsse mit ihren Engen und Schnellen dem Verkehre entgegensetzten, erforderte die Benutzung kleiner leicht beweglicher Boote. Auf dem Südwege war die Schifffahrt der Indianer, das schmale Kanu, vorbildlich, auf dem durch menschenärmeres Land führenden Yorkwege, wo es kein Vorbild gab, fand im „Yorkboote“, einem flachgehenden Ruder- und Segelfahrzeuge, eine europäische Form Eingang, wie hier auch fremde Schiffer, Orkneyfischer, herangezogen werden mußten. Die Beschränkung des Frachtraumes auf 4 bis 5 Tonnen führte zur Verteilung der Last auf Flottillen, „Brigaden“, die leicht aufgelöst und zusammengezogen, auch die Entschleierung der Flußnetze erleichterten. Die Beweglichkeit der Fracht an den Schlepp- und Umschlagstellen erforderte Kleinheit der Warenballen, in denen, um leicht eintretende Verluste möglichst wenig empfindlich zu gestalten, stets Stücke verschiedener Gattung gemischt waren. Die anfänglich ausschließlich von den Indianern gesammelten Felle wurden gegen Tücher, Steinschloßflinten, Pulver, Tabak usw. eingetauscht, die gleichen gegen eiserne Gebrauchsgegenstände, die während des langen Winters in den Stationen hergestellt wurden und so siedlungsfördernd wirkten (Yorkfaktorei). Dem Händler folgte der Siedler, der Besiedlung aber die Verbesserung des Verkehrs durch Dampfschiffe, Heckraddampfer auf den Seen und dann Eisenbahnen, die gegenwärtig den York- und den Südweg ersetzen und auf deren vereinigter-Fortsetzung schon bis zum Friedensflusse vorgedrungen sind. Die rasche echt amerikanische Entwicklung dieses Landes veranschaulicht die junge Stadt Winnipeg, vor knapp fünfzig Jahren ein Umschlagplatz der Trapper und Pelzjäger, heute eine Stadt von mehr als 200 000 Einwohnern.

Die Eingeborenen an der Panamaenge (S. P. Verner, *the San Blas Indians of Panama*; The Geographical Review 10, 23, 1920). Obwohl die Panamaenge zu den zuerst besetzten Teilen Amerikas gehört, beherbergt sie eine sehr ursprüngliche Bevölkerung, die erst neuerdings im Anschluß an die Unternehmungen der Vereinigten Staaten in diesem Gebiete der Wissenschaft zugänglich wird. Die östlich vom Kanal ansässigen „San-Blas-Indianer“ zeigen eine ausnehmend geringe Körpergröße (durchschnittlich unter 150 cm); sie erinnern an die Pygmäen Afrikas und legen die Frage nahe, ob man in ihnen nicht Reste einer Urbevölkerung zu erblicken hat, die den Kulturvölkern Mittelamerikas und Mexikos auf der einen und Perus auf der anderen Seite vorausgeht. Ihre Lebensweise zeigt eine eigenartige Anpassung an die

geographischen Verhältnisse. Ursprünglich saßen die San-Blas-Indianer ihrer eigenen Überlieferung zufolge in den Gebirgen des Hinterlandes, in denen noch jetzt ein wilderer Typus lebt; dann wanderten sie zur Küste, von wo sie aber die Moskitoplage zum Teil auf die vorliegenden Inseln vertrieb. Da der Lebensraum auf diesen kleinen Eilanden unzureichend ist, haben sie hier nur ihre zu einer Hüttenmasse zusammengedrängten Behausungen; ihre Mais-, Maniok-, Bananen-, Reis- und Kokospflanzungen liegen auf dem Festlande, wo sie auch ihren Bedarf an Wasser, Wild und Schmuckgold — aus geheimgehaltenen Flußseifen gewaschen — befriedigen. Im Zusammenhange mit dem täglichen Verkehr durch die gefährvolle Brandungszone steht ihre bewunderungswürdige Geschicklichkeit im Gebrauche der Einbaumkanus und im Schwimmen. Gegen den Weißen haben sich die ursprünglich gastfreundlichen Indianer nach den schlechten Erfahrungen mit den Spaniern stets ablehnend verhalten, und auch der gegenwärtigen, von Amerika geleiteten Verwaltung setzten sie einen bemerkenswerten passiven Widerstand entgegen. Ihre Kultur ist daher gut erhalten und nur unbedeutend von der europäischen Zivilisation beeinflusst. Die Volkszahl, zur Zeit der spanischen Besetzung des Küstenstriches durch Krieg, Sklaverei und Rum stark gelichtet, hat sich seit der Auflassung der Forts gehoben und zeigt neuerdings einen starken Anstieg. Ihre Gesamtzahl wird auf 8000—50 000! veranschlagt; die Unsicherheit der Schätzung spiegelt unsere geringe Kenntnis dieser eingeborenen Bevölkerung wider.

Wie oberflächlich die Zivilisation der mittelamerikanischen Eingeborenenbevölkerung noch heute stellenweis ist, lehrt ein Bericht *Sappers* (Peterm. Mitt. 1921, S. 69) über ein Menschenopfer in Guatemala, dem jüngst drei Weiße zum Opfer gefallen sind und das in seinen Einzelheiten an entsprechende Schilderungen aus der Zeit Cortes' erinnert. Es fand auf dem Gipfel des Kraters Santa Maria (3768 m) statt und wurde von den am Fuße des Berges wohnenden Indianern als Sühne für die Beschädigung christlicher Kultgerätschaften vorgenommen, die sich einige Wochen zuvor übermütige Touristen hatten zuschulden kommen lassen.

Der Maifischfang an der atlantischen Küste Nordamerikas. (R. H. Gabriel, *Geographic influences in the development of the menhaden fishery on the eastern coast of the United States*; The Geographical Review 10, 91, 1920.) In den Buchten und Trichter-mündungen der Ostküste der Vereinigten Staaten erscheint alljährlich in „Schulen“ oder Schwärmen von Hunderttausenden, verfolgt von Makrelen und Haien der Maifisch (*Alosa vulgaris*), eine Heringsart, zum Laichen. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts wurde ihm, da er zur Nahrung ungeeignet ist, nicht nachgestellt, höchstens daß Fischer ihn zur Benutzung als Köder in kleinen Mengen fingen. 1801 entdeckte man seinen Wert als Düngemittel, mit dem man die im Raubbau erschöpften Küstenländereien wieder verjüngen konnte, und es begann die „Agrikulturperiode“ der Fischerei des Maifisches. Die Farmer, später auch „Kompanien“ von Fischern, fuhren, wenn ein Schwarm gesichtet war, in kleinen Bootgeschwadern hinaus, umstellten ihn mit Netzen und schleppten ihn an den Strand, wo er wagenweis verladen und auf die Äcker geworfen wurde. Um 1850 lernte man den Wert des Maifischöls schätzen, das man in Transiedereien nach dem Muster der Walfänger gewann und deren getrocknete und gepulverte Rückstände als „Guano“ verwendet

wurden. Dem ersten Unternehmen folgten bald weitere „Faktoreien“, die Ölindustrie trat mehr und mehr in den Vordergrund und verdrängte die Düngung. Da sich gleichzeitig die Folgen der fünfzigjährigen Ausbeutung in einer Minderung der Fänge offenbarten, ging man zum Fischfang auf hoher See mittels Schalluppen und Schonern und mit verbesserten Netzen über. Dabei machten sich die Faktoreien durch Indienststellung eigener Schiffe von den Fischerkompagnien unabhängig. Als dann der immer wachsende Bedarf weitere Fahrten notwendig machte, verbot sich wegen der leichten Verderblichkeit der Fänge die Segelschiffahrt, die im Jahre 1895 dem Dampferbetrieb endgültig wich. Da die kleineren Faktoreien bei dieser Veränderung nicht mehr wettbewerbsfähig waren, wurden sie von den größeren mehr und mehr aufgesogen, bis endlich 1897 die ganze Industrie „konsolidiert“ wurde und in den Besitz oder die Abhängigkeit eines großen Trusts, der „American Fishery Company“ geriet. — So veranschaulicht die Geschichte des Maifischfanges im kleinen die typisch nordamerikanische Wirtschaftsentwicklung überhaupt.

Santo Domingo. (F. R. Fairchild, *the problem of Santo Domingo: The Geographical Review* 9, 121—138, 1920.) In dem Bestreben, das westindische Außengelände des Panamakanals unter ihre Herrschaft zu bringen, haben die Vereinigten Staaten im Kriege zwei wichtige Schritte vorwärts getan, durch den Kauf der St.-Thomas-Inselgruppe von Dänemark und die geräuschloser vollzogene Besetzung von Haiti, zunächst wenigstens seiner größeren Osthälfte, der Republik Santo Domingo. Die Angliederung dieser am meisten verwahrlosten altpanischen Niederlassung an das größte und modernste Staats- und Wirtschaftsgebilde gibt Anlaß zu interessanten Rück- und Ausblicken. — Mitten im Wege zur Neuen Welt gelegen, hafenreich, mit ebenen, vom Passate bestrichenen, reich bewässerten Böden, mit Wäldern und Grasflächen ausgestattet, fruchtbarer noch als das geschätzte Puerto-rico, dazu Gold in seinen Flüssen führend, erregte die Insel sofort die höchste Bewunderung des Kolumbus und veranlaßte ihn, sie zum Mittelpunkt des neuen Kolonialreiches zu erheben und mit Befestigungen zu versehen, von denen ehrwürdige Reste noch erhalten sind. Ungünstiger als die wirtschaftlichen Grundlagen des Bodens erwiesen sich in der Folgezeit jedoch die zu seiner Erschließung zur Verfügung stehenden wirtschaftlichen Kräfte. Der Schwerpunkt der spanischen Siedlung verschob sich nach Cuba, die Bevölkerung Haitis aber ging mit den Resten der Ureinwohner und mit den bald eingeführten Negersklaven in einem Mischlingstume auf, das mit den weißen Kolonisten der übrigen Inseln nicht Schritt halten konnte. Das Land ist daher ein Musterbeispiel verkehrter Wirtschaft und ihrer Folgen: Die Erzeugung der Eingeborenen ist gering und wenig entwickelt; die Pflanzungen sind klein, die Viehzucht ist minderwertig, der Handel ungeordnet; Felle und Häute werden z. B. gleichzeitig aus- und eingeführt. Unfähig selbst zu kolonisieren überließ man die Erschließung des Landes in der Hauptsache Ausländern, die sie natürlich nicht nach den Bedürfnissen der Bewohner, sondern dem eigenen Vorteil entsprechend einrichteten und zugunsten der Erzeugung des lohnendsten Produktes, des Zuckers, die übrigen vernachlässigten. Die Folge davon ist, daß diese tropische Kolonie in großem Umfange tropische Kolonialwaren, Reis, Baumwolle und andere Faserstoffe usw. einführt und daß sie mangels eigener Er-

zeugung von Gegenwerten in die Schuldabhängigkeit des Auslandes gerät. Nur das Ausland zieht aus der stetigen Steigerung der Ausfuhrwerte und der günstigen Handelsbilanz Nutzen, während die große Masse der Eingeborenen in äußerster Armut und Unkultur lebt. Daß unter diesen Umständen das Verkehrswesen im Argen liegt und nur soweit entwickelt ist, als es die ausländischen Produzenten benötigen, versteht sich von selbst. Die innerpolitischen Folgen dieser Mißwirtschaft äußerten sich in einem die Insel unsicher machenden Bandenwesen, in Korruption und in der Parteiwirtschaft ehrgeiziger „Generale“ und „Präsidenten“, die äußeren in Zusammenstößen mit den fremden Gläubigerstaaten, drohender Besetzung des Landes, Anruf amerikanischer Hilfe und schrittweisem Verzicht auf staatliche Unabhängigkeit. Die Aufgaben, welche die Vereinigten Staaten vorgefunden haben, bestehend in der Ordnung des Staatshaushaltes, der Verwaltung, der verworrenen Grundeigentumsverhältnisse und der Wirtschaft, im Ausbau des Verkehrs, der Erschließung der Mineralschätze, der Hebung der Kultur des Landes, sind groß und zahlreich genug, um ein „Problem von Santo Domingo“ vorzustellen, ein Problem, dessen Lösung reiche Früchte tragen wird.

Tropenklima und weiße Rasse. (Ellsworth Huntington, *the adaptability of the white man to the tropics in Australia; The Geographical Review*, 10, 110, 1920.) Die Anpassungsfähigkeit des Weißen an das tropische Klima wird nirgends eingehender erörtert als in Australien, wo Queensland sein koloniales Gepräge mit dem eines europäischen Staatswesens schon aus Rivalität mit den Staaten des gemäßigten Südens zu vertauschen bestrebt ist. Nach den am tropenmedizinischen Institute zu Townsville neuerdings gesammelten Erfahrungen liegen die geographisch-physiologischen Verhältnisse folgendermaßen: Die in Ruhe normale Körperwärme steigt bei Muskelarbeit rascher an und fällt langsamer; diese führt zu einem klimatisch bedingten leichten Fieber. Atmungsfrequenz und Transpiration sind gesteigert, weniger unter dem Einflusse chemischer Aktivität als unter dem der Körpertemperatur. Wie diese verhält sich auch der Blutdruck, dessen Schwankungen von der Muskeltätigkeit abhängig sind. Das Blutbild zeigt eine geringe Abnahme der roten Blutkörperchen, eine Gesamtzunahme der weißen, eine Vermehrung der polymorphkernigen neutrophilen, unter denen minder gelapptkernige überwiegen. Die Eosinophilen sind vermindert. Die Gründe dieser für bedeutungslos gehaltenen Abänderung sind nicht bekannt. Die vielbesprochene „Verdünnung“ des Blutes lange Ansässiger gehört — von Anämien abgesehen — ins Reich der Fabel. Der Stoffwechsel zeigt, nach der Nahrungszufuhr beurteilt, keine Abänderung, am Stickstoffgehalt des Harnes gemessen, aber eine Herabsetzung. Eine Schwächung des Nervensystems ist unverkennbar, vermutlich aber nicht klimatisch bedingt. Dunkle Kleidung wirkt entgegen dunkler Hautfarbe, welche die Temperatur rasch steigert, die Transpiration vermehrt und Abkühlung hervorruft, Hitze speichernd und ausdünstungshemmend. Krankheiten sind verhältnismäßig häufig; ihre Ursachen liegen in der Moskitenplage, der Tropentemperatur und der mangelhaften Tropenhygiene (Wellblechhäuser, falsche Kleidung, Alkoholmißbrauch).

Der sehr optimistischen Auswertung der Sterbeziffern, der zufolge Queensland mit einem Durchschnittswerte von 10,4 (England 13,8, Union 14,1) das gesündeste Land der Erde wäre, ist entgegenzuhalten,

daß seine Bevölkerung sich durchschnittlich aus sehr widerstandsfähigen, im besten Alter befindlichen, vor Beginn sich fühlbar machender Gesundheitsstörungen abwandernden Siedlern zusammensetzt, daß minder tropenfesten Frauen und Kinder selten sind, daß die in den Vergleichsländern die Statistik ungünstig beeinflussende Arbeit in geschlossenen Räumen wegfällt und daß bei dem gegenwärtigen Kulturzustande von einer einwandfreien, alle Todesfälle erfassenden Registrierung keine Rede sein kann. Bei Berücksichtigung aller dieser Umstände würde der gesundheitliche Wert Queenslands um mehr als die Hälfte sinken.

B. Brandt.

Fortsetzung des skandinavischen Gebirges über Spitzbergen nach Nordgrönland. Der dänische Geologe *Lauge Koch* hat auf der zweiten Thule-Expedition 1916 bis 1918 unter der Leitung von *K. Rasmussen*¹⁾ die nördlichsten Teile Grönlands geologisch erforscht und einen vorläufigen Bericht nebst einer Karte über die Resultate seiner Untersuchung veröffentlicht²⁾. Sie ergänzen in überzeugender Weise die von *O. Holte-dahl* vertretenen Anschauungen über das Vorhandensein eines Festlandes „Atlantis“ im nördlichsten Teile des Atlantischen Ozeans während der Silurzeit³⁾. Das Empor-tauchen dieses Atlantis-Kontinentes hat nach *Holte-dahl* die Auffaltung des Kaledonischen Gebirges in den Britischen Inseln und Norwegen zur Folge gehabt. Für seine Anschauung sprechen manche gemeinsame Züge in dem Gebirgsbau von Nordwest-europa mit dem der Bäreninsel, Spitzbergens, Nordgrönlands und des ihm benachbarten arktischen Amerika. *Koch* stellt nun fest, daß Reste jenes Kaledonischen Gebirges, die sich in den nördlicheren Teilen der Britischen Inseln, in der ganzen Längserstreckung Norwegens und auf Spitzbergen erhalten haben, auch an der Nordküste Grönlands und der Ostküste des ihm westlich vorgelagerten Grinnellandes vorhanden sind. Wir hätten demnach in dem Kaledonischen Gebirge eine gewaltige Gebirgskette zu erblicken, die sich im paläozoischen Zeitalter in großem Bogen um den Nordatlantischen Ozean herum-schlang und diesen von dem Nordpolarmeere abschloß. Auch heute noch scheidet eine von Nordskandinavien über die Bäreninsel und Spitzbergen nach der Nordostecke von Grönland ziehende untermeerische Bodenschwelle die über 1000 m hinausgehenden Tiefen des Atlantischen Ozeans von denen des Nordpolarmeeress. Der Bericht von *H. W. Ahlmann* über *Kochs* Ergebnisse⁴⁾ enthält noch manche interessante Einzelheiten, z. B. die von ihm angenommene gewaltige Wirkung der Eiserosion, der die starke Zertalung von Nordgrönland, insbesondere die Herauspräparierung von tektonischen Mulden (Synklinen) zu Bergen, andererseits die Umwandlung der Gewölbesättel (Antiklinen) zu Tälern und Fjorden zugeschrieben wird.

B.

Internationale Liste geographischer Namen. Die durch den Weltkrieg verursachten politischen Um-

gestaltungen haben nicht nur weitgehende Verschiebungen der Staatsgrenzen, sondern auch Neubildungen von politischen Einheiten zur Folge gehabt, so daß einerseits die amtliche Bezeichnung zahlreicher Orte, Flüsse, Inseln usw. sich geändert hat, andererseits aber auch neue geographische Namen geschaffen werden mußten. Die Royal Geographical Society in London hat daher bereits im Sommer 1919 ein Permanentes Komitee für geographische Namen eingesetzt, das zunächst ein System für die Rechtschreibung geographischer Namen zum britischen Amtsgebrauch ausgearbeitet hat¹⁾. Auf diesem System beruht die erste, im April 1921 von dem Komitee herausgegebene Liste europäischer geographischer Namen, die hauptsächlich Städtenamen enthält²⁾. Sie berücksichtigt außer den durch politische Vorgänge veranlaßten Namenänderungen auch die in manchen neutralen Staaten, z. B. Schweden und Holland, neuerdings eingetretene Änderung in der Rechtschreibung. Die in griechischer, serbischer, bulgarischer, russischer, georgischer, türkischer und arabischer Schrift geschriebenen Namen sind in das lateinische Alphabet transkribiert worden. Dieser ersten Liste sollen weitere folgen, in denen auch die asiatischen, afrikanischen, amerikanischen und australasiatischen Namen aufgeführt sein werden. Die Liste hat insofern internationalen Charakter, als neben der englischen Orthographie diejenige der anderen, für den betreffenden Namen in Betracht kommenden Nationen hinzugefügt ist. So wird z. B. für Konstantinopel außer der englischen, französischen, deutschen und türkischen auch die lateinische, altgriechische, neugriechische, russische und bulgarische, für Niemen außer der englischen, deutschen und russischen auch die polnische und litauische, für den Haag die englische, holländische, französische, deutsche, italienische und spanische Schreibweise angeführt.

B.

Neue Insel im Kratersee des Kloet. Das Ausbruchsstadium des Vulkans Kloet, über dessen verheerende Eruption bereits berichtet worden ist³⁾, hat immer noch nicht ihr Ende erreicht, wie daraus hervorgeht, daß sich in dem Kratersee, dessen Ausbruch die Katastrophe hervorrief, eine neue Insel von 30 m Durchmesser gebildet hat⁴⁾. Sie entstand in der Nacht vom 6. zum 7. Dezember 1920. Trotzdem kein Augenzeuge zugegen war, konnte doch die Tatsache festgestellt werden, daß die Bildung unter starker Gasentwicklung vor sich gegangen sein muß, da die Felswände Brandungsspuren bis zu 30 m Höhe aufweisen.

B.

¹⁾ *Edward Gleichen*, The permanent committee on geographical names. The Geographical Journal, London, 1921, Vol. 57, S. 36–43.

²⁾ First General List of European Names. Published for the Permanent Committee on Geographical Names by the Royal Geographical Society. London, 1921. 12 pag.

³⁾ Die Vulkankatastrophe des Kloet auf Java. Die Naturwissenschaften, Berlin 1920, 8. Jahrg., Nr. 2, S. 39.

⁴⁾ Een Eiland in den Kloet-Krater. Tijdschrift van het Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootschap, Leiden, 1921, 2. Reeks, Deel 38, Nr. 3, S. 447.

¹⁾ Vgl. Die Naturwissenschaften, Berlin 1918, 6. Jahrg., S. 677–678.

²⁾ Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, 1920.

³⁾ Naturen, Bergen, 1919.

⁴⁾ Ymer, Stockholm, 1921, 44, S. 80–84.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thezing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 40. (Seite 785—800)

7. Oktober 1921.

Neunter Jahrgang

INHALT:

Farbenphotographie. Ihre Entwicklung und ihr jetziger Stand. Von *Karl Gundlach, Jena.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 785.

Besprechungen:

Hertwig, O., Die Elemente der Entwicklungslehre. 6. Auflage. Von *Heiderich, Bonn.* S. 795.

Goldschmidt, R., Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung. Von *H. L. Hönigsmann, Magdeburg.* S. 795.

Parker, G. H., The elementary nervous system. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 796.

Hoesslin, Heinrich von, Das Sputum. Von *A. Lazarus, Berlin-Charlottenburg.* S. 796.

Graebner, Paul, Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten. Von *Fr. Markgraf, Berlin-Dahlem.* S. 797.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 797—800.

Die große Bedeutung des Coffeins. Observations of Plant growth with the Recording Ultramicrometer (Mit 1 Abbildung). Über die oligodynamischen Erscheinungen bei pflanzlichen Organismen. Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beiträge zur Physiologie kalkfeindlicher Gewächse. Studien über die Periodizität der Zellteilung.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften
kostenfrei

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Feilzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 1/2 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.

Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120.

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
(Gegründet 1864. (250))

Die Naturwissenschaften

aller Jahrgänge, auch einzelne

Kauft

Walther Brinkmann

Leipzig - Schönefeld. (254)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vorträge u. Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen

Herausgegeben von

Wilhelm Roux

Heft XXIV:

Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung

Von Professor Dr. **Richard Goldschmidt**

(Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem)

Mit 28 Abbildungen im Text. (IV, 163 S.)

1920. Preis M. 38.—

Siehe auch die Besprechung auf Seite 795 dieser Nummer!

Heft XXI: **Das Kontinuitätsprinzip und seine Bedeutung in der Biologie.**
Von Dr. Jan Dembowski. (V, 132 S.)
1919. Preis M. 18.—

Heft XXII: **Die Regulationen der Pflanzen.**
Ein System der teleologischen Begriffe in der Botanik. Von Dr. phil. Emil Ungerer.
(XI, 260 S.) 1919. Preis M. 26.—

Heft XXIII: **Restitution und Vererbung.** Experimenteller, kritischer und synthetischer Beitrag zur Frage des Determinationsproblems. Von Professor Dr. Vladislav Růžicka, Vorstand des Instituts für

allgemeine Biologie und experim. Morphologie der Medizinischen Fakultät in Prag. (II, 69 S.) 1919. Preis M. 10.—

Heft XXV: **Teratologie und Teratogenese.**
Nach Vorlesungen, gehalten an der Wiener Universität im Wintersemester 1911/1912. Von Hans Przibram. (IV, 91 S.)
1920. Preis M. 24.—

Heft XXVI: **Die Grundprinzipien der rein naturwissenschaftlichen Biologie und ihre Anwendungen in der Physiologie und Pathologie.** Von Dr. Erwin Bauer, Prag. (IV, 75 S.)
1920. Preis M. 28.—

Hierzu Teuerungszuschläge

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Das Sputum

Von

Professor Dr. **Heinrich von Hoesslin**
Berlin

Mit 66 größtenteils farbigen Textfiguren. (X, 398 S.)
1921. Preis M. 148.—; in Ganzleinen gebunden M. 168.—

Siehe auch die Besprechung auf Seite 796 dieser Nummer!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

7. Oktober 1921.

Heft 40.

Farbenphotographie.

Ihre Entwicklung und ihr jetziger Stand.

Von Karl Gundlach, Jena.

Mit Recht kann der 19. August 1839 als der Geburtstag der *Photographie* bezeichnet werden. An diesem denkwürdigen Tage teilte *Arago* in der Sitzung der Pariser Akademie der Wissenschaften die Ergebnisse der Versuche mit, die von *Joseph Nicéphore Niepce* (geb. am 7. März 1765, gest. am 5. Juli 1833) und *Louis Jacques Daguerre* (geb. am 18. November 1787, gest. am 10. Juli 1851) angestellt worden waren, um mit Hilfe des Lichtes Bilder der Außenwelt auf mechanischem Wege zu erzeugen. *Niepce* benutzte die Lichtempfindlichkeit des Asphaltes, um zur Ätzung und zur Vervielfältigung durch den Druck geeignete Metallplatten zu erzeugen, *Daguerre* verwendete Silberplatten, die an der Oberfläche in Jodsilber verwandelt waren, zur Bilderzeugung in der photographischen Kammer.

Wesentlich schwieriger ist es, für die *Farbenphotographie* ein bestimmtes Geburtsdatum festzulegen. Denn einerseits wurden die Wirkungen des farbigen Lichtes auf Chlorsilber schon lange vor der Erfindung der Photographie beobachtet. *Senebier* (geb. 1742, gest. 1809) bemerkte bereits, daß die Farben des Prismas das Hornsilber (vermutlich angedunkeltes Chlorsilber) im Violett blaviolett färbten, während es im Gelb und Rot heller blieb.

Genauere Versuche mit angelaufenem, auf Papier gestrichenen Chlorsilber stellte *Johann Thomas Seebeck* (geb. 1770, gest. 1831) an. Er entdeckte, daß das Chlorsilber befähigt war, alle Spektralfarben, wie auch die Farben bunter Gläser ziemlich farbenrichtig wiederzugeben. Die Weiterentwicklung dieser Beobachtungen führte dann später zu den *Ausbleichverfahren* der Farbenphotographie sowie auch zur *Farbenphotographie durch stehende Lichtwellen*.

Auf der anderen Seite führte der 1667 in Frankfurt a. M. geborene Kupferstecher *Jakob Christoph Le Blon* schon in den 20er und 30er Jahren des 18. Jahrhunderts Dreifarbendrucke aus, indem er mit von Hand hergestellten Kupferstichplatten in den drei Grundfarben Rot, Gelb und Blau druckte und nur mit diesen drei Farben alle Mischfarben herzustellen versuchte.

1807 stellte *Thomas Young* die Theorie auf, daß in jedem Netzhautelement des normalen Menschenauges drei verschiedene Nervenfasern enden, deren Einzelreizung rote, grüne und violette

Farbenempfindungen auslöst. Gleichzeitige Reizung von zwei Nerven ergibt für die rot- und grünempfindlichen die Empfindung Gelb, für die blau- und grünempfindenden die Blaugrünempfindung und für die auf Blau und Rot ansprechenden das Violett. Gleichzeitige Reizung der drei Nervenfasern führt zu Weiß¹⁾. Auf Grund dieser Theorie von *Young* gelangte *J. Clerk Maxwell* zur Überzeugung, daß es möglich sei, farbige Gegenstände durch die photographische Aufnahme hinter Blau-, Grün- und Rotfiltern auf für diese Strahlen empfindlichen Platten farbenrichtig wiederzugeben. Er sprach diese Überzeugung aus in einem Vortrag in der Royal Institution in London am 17. Mai 1861²⁾. Die praktische Durchführung seiner Ideen konnte aber erst erfolgen nach der Entdeckung der optischen Sensibilisation der Silbersalze durch *H. W. Vogel* im Jahre 1873³⁾. Auf den *Young-Maxwellschen* Grundlagen entwickelten sich die sämtlichen Verfahren der *Dreifarbenphotographie*.

Die Entwicklung der farbenphotographischen Verfahren war jedoch keine rasche, und die Kurve ihrer Entwicklung und Verbreitung lief nicht parallel mit der der gewöhnlichen Photographie. Vielmehr blieb die Ausführung der farbenphotographischen Methoden längere Zeit verhältnismäßig wenigen Fachleuten vorbehalten, die die ihnen innewohnenden technischen Schwierigkeiten überwinden konnten.

Eine wesentliche Änderung trat erst mit dem Jahre 1906 ein, und zwar durch das Erscheinen der Autochromplatte der Gebrüder *Lumière*, die in Wirklichkeit die erste auch für den Nichtfachmann von vornherein brauchbare, sehr gute Lösung des Problems der Farbenphotographie darstellte. Die im Rahmen dieser Zeitschrift notwendige Beschränkung läßt es gerechtfertigt erscheinen, diesen Zeitpunkt als den zu wählen, von dem an ein Überblick über die Farbenphotographie bis zur Jetztzeit gegeben werden kann. Dabei soll dieser Überblick sich im wesentlichen nur auf die Behandlung dessen beschränken, was seit 1906 eine gewisse praktische Bedeutung auf farbenphotographischem Gebiet erlangt hat.

Die Mannigfaltigkeit der farbenphotographischen Verfahren erfordert eine systematische Einteilung.

Zunächst sollen behandelt werden:

¹⁾ *Helmholtz*, Handbuch der physiolog. Optik, II. Aufl., 1896, S. 364 ff.

²⁾ *Brit. Journ. of Phot.* 1861, S. 270.

³⁾ *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.* 1873, S. 1305.

I. Die *unmittelbaren* Verfahren der Farbenphotographie⁴⁾. Hierunter fallen:

1. die photographische Farbenwiedergabe durch stehende Lichtwellen,
2. die Ausbleich- (Farbanpassungs-) Verfahren.

Den größeren Raum werden einnehmen die:

II. *mittelbaren* farbenphotographischen Verfahren (Dreifarbenverfahren). Das farbige Bild entsteht hier entweder

1. durch Mischung farbiger Lichter (additive Farbensynthese) oder
2. durch Vereinigung von Körperfarben (subtraktive Farbensynthese).

Im *ersten* Fall kann die Farbgebung verwirklicht werden durch

- a) einzelne Farbenfilter (Dreifarbenprojektion im engeren Sinne),
- b) durch Beugungsspektren,
- c) durch Farbraster.

Im *zweiten* Fall kann die Teilbildervereinigung erfolgen durch

- a) photographische Verfahren,
- b) Druckverfahren.

An geeigneter Stelle wird auch das farbige bewegte Bild besprochen werden.

Jedem Abschnitt soll eine kurze Beschreibung des farbenphotographischen Verfahrens vorangehen, dessen Fortschritte in ihm behandelt werden.

I. Unmittelbare farbenphotographische Verfahren.

1: Die photographische Farbenwiedergabe durch stehende Lichtwellen (Lippmannphotographie).

Wird Licht — als Wellenbewegung des Äthers aufgefaßt — in sich zurückgeworfen, z. B. durch eine spiegelnde Fläche, so, daß die zurückgeworfene Welle die gleiche Bahn verfolgt wie die ankommende, so beeinflussen sich beide Wellen in dem Sinne, daß an bestimmten Punkten ihrer Bahn eine Verstärkung der Wellenbewegung, an anderen eine Abschwächung erfolgt. Es bilden sich Bäuche und Knotenpunkte einer stehenden Lichtwelle. Mit einiger Deutlichkeit läßt sich dieser Vorgang veranschaulichen durch das Bild eines ruckweise und gleichmäßig am einen Ende mit der Hand geschwungenen Seiles, dessen anderes Ende einmal frei schwänge und beliebig weit verlängert zu denken sei, im anderen Falle aber durch einen Haken an einer Wand befestigt und so an der freien Fortsetzung seiner Schwingungen behindert vorzustellen wäre. Während es im ersten Falle wohl zur Bildung von Wellen verschiedener Höhe und Länge, aber

immer *gleicher* Fortschreitungsrichtung kommt, deren einzelne Punkte *nacheinander* die gleiche Schwingungsbewegung durchmachen, bilden sich im zweiten Fall beim Zusammentreffen von Wellen *ungleicher* Fortpflanzungsrichtung — gleiche Höhe und Länge wie im ersten Falle vorausgesetzt — durch Interferenz der ankommenden mit der zurückgeworfenen Welle Stellen größter Schwingungsbewegung (Bäuche) und solche geringster (Knoten). Die gleiche Schwingungsbewegung erfolgt hier also an den verschiedenen Punkten der Wellenbahn *gleichzeitig* (stehende Wellen). Den ersten Fall zeigt die Fig. 1a, den zweiten die Fig. 1b.

Spiele sich diese Erscheinung innerhalb einer lichtempfindlichen Schicht ab, so tritt photochemische Veränderung nur an den Schwingungsbäuchen ein, während an den Knotenpunkten die lichtempfindliche Masse unbeeinflusst bleibt. Es kommt zur Bildung von Zonen photochemischer Veränderung, die voneinander um den Abstand

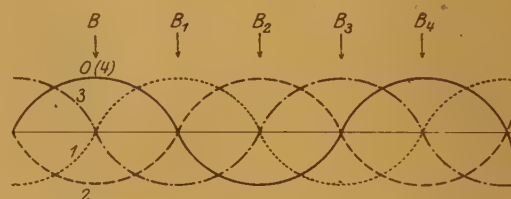


Fig. 1a. Fortschreitende Welle mit gleicher Fortschreitungsrichtung. Keine bevorzugten Stellen.

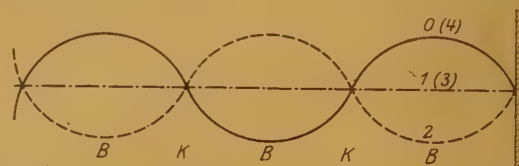


Fig. 1b. Stehende Welle, gebildet durch ihre Insichzurückwerfung an der spiegelnden Fläche S. Bevorzugte Stellen B (Bäuche) und K (Knoten).

einer halben Wellenlänge der Spektralfarbe entfernt sind, die auf die lichtempfindliche Masse eingewirkt hat. Werden diese Stellen sichtbar gemacht — z. B. durch Umwandlung des als lichtempfindliche Substanz benutzten Bromsilbers in möglichst weiße Silberteilchen —, so muß die dem Abstand der Teilchen entsprechende Spektralfarbe bei geeigneter Betrachtungsweise wieder erscheinen.

Der experimentelle Nachweis stehender Lichtwellen gelang Wiener im Jahre 1890⁵⁾, zur Erzeugung naturfarbiger Photographien benutzte sie Lippmann im Jahre 1891⁶⁾. Mit der vom physikalischen Standpunkt aus äußerst interessanten Interferenzfarbenphotographie befaßten sich außer Lippmann und Wiener⁷⁾ selbst Aron, Buß, Cajal, Försterling, Ives, Kirchner,

⁵⁾ Wied. Ann. 40, 203—244.

⁶⁾ Compt. rend. 1891, Bd. 112, S. 274—275.

⁷⁾ Ann. d. Phys. u. Chemie Bd. 69, S. 488—530 (1899).

⁴⁾ Unter unmittelbaren Verfahren der Farbenphotographie sind hier im Sinne der Ausführungen von W. H. Idzerda (Phot. Ind. 1916, S. 35—36) die inbegriffen, bei denen das *unzerlegte* Licht der Dinge unmittelbar auf die eigentliche lichtempfindliche Schicht einwirkt. Mittelbare Verfahren sind die, bei denen das Licht der Dinge *vor der Einwirkung* auf die lichtempfindliche Schicht, eine durch verschiedene Mittel mögliche Zerlegung erfährt.

Lehmann, Liesegang, Lüppo-Cramer, Neuhaus, Pfaundler, Schütt, Valenta, Zenker. Neben den zeitlich weiter zurückliegenden Arbeiten von Buß⁸⁾, Kirchner⁹⁾, Liesegang¹⁰⁾, Lüppo-Cramer¹¹⁾, Neuhaus¹²⁾, Schütt¹³⁾, Valenta¹⁴⁾, Zenker¹⁵⁾, die sich zum großen Teil mit dem rein photochemischen Teil des Verfahrens befassen, sind besonderer Beachtung wert die Untersuchungen von Aron¹⁶⁾, Cajal¹⁷⁾, Försterling¹⁸⁾, Herbert E. Ives¹⁹⁾, Lehmann²⁰⁾, Pfaundler²¹⁾.

Es erstreckten sich diese Untersuchungen auf die Vorgänge bei der Aufnahme und Wiedergabe von monochromatischen Lichtern, von spektralen Mischfarben, von heterogenen Mischfarben (farbige Gegenstände) und des Weiß. Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden, und es muß auf das Studium der Originalarbeiten verwiesen werden. Nur einiges sei über die Vor- und Nachteile des Verfahrens bemerkt.

Die Vorzüge äußern sich vor allem bei der Wiedergabe von Spektralfarben, die in gleich guter Weise von keinem anderen farbenphotographischen Verfahren erreicht wird. Die Wiedergabe von Mischfarben bietet ungleich größere Schwierigkeiten.

Nachteile des Verfahrens sind die sehr geringe Empfindlichkeit der dafür nötigen sogenannten „kornlosen“ Platten und ihre mit der Unempfindlichkeit zusammenhängende mangelhafte Abstufung (Gradation), die die richtige Aufnahme und Wiedergabe bewegter Gegenstände und von Dingen mit großen Beleuchtungsgegensätzen unmöglich machen. Eine praktische, allgemeine Verwertung des Verfahrens würde daher von der Herstellung äußerst feinkörniger Platten mit guter Gradation und hoher Empfindlichkeit abhängen, die auch für viele sonstige Gebiete der Photographie große Bedeutung haben würden. Die Herstellung derartiger Platten ist eine vielleicht nicht ganz aussichtslose Aufgabe, deren Lösung das durch die Farbrasterplattenphoto-

graphie ungemein stark zurückgedrängte Interferenzfarbenverfahren zum mindesten für eine ganze Reihe von Anwendungen wieder lebensfähig machen könnte.

2. Die Ausbleich- (Farbenanpassungs-) Verfahren.

Zu Anfang wurde bereits darauf hingewiesen, daß Senebier und Seebeck beobachteten, wie im Licht angedunkeltes Chlorsilber unter farbigen Gläsern und im Spektrum die Farben der Gläser oder der Teile des Spektrums annahm, denen es ausgesetzt wurde. Ihre Versuche wurden durch Alexander Edmund Becquerel (geb. in Paris den 24. 3. 1820, gest. 1892), durch Niepce de Saint Victor (geb. 26. 7. 1805, gest. 1870), Poitevin (geb. 1819, gest. 1862) und Zenker (geb. 1829, gest. 1899) fortgesetzt. Die Erklärung der Erscheinung gab Wiener²²⁾ im Jahre 1895.

Nach Wiener ist das angelaufene Chlorsilber (Photochlorid) ein Gemisch verschiedenfarbiger Chlorverbindungen des Silbers, nach neueren Anschauungen²³⁾ von Adsorptionsverbindungen des Chlorsilbers mit Silber. Wird dieses Gemisch mit farbigem Licht beleuchtet, so wird das farbige Licht von den Teilchen, die seine Farbe haben, zurückgeworfen, von den andersfarbigen aber verschluckt. Nur das verschluckte Licht wirkt chemisch, in diesem Falle ausbleichend, ein, und unverändert (unausgebleicht) bleiben die Teilchen, die der Farbe des einfallenden Lichtes entsprechen. So bleichen bei der Einwirkung rein roten Lichtes alle gelben, grünen, blauen Teilchen aus und nur die rein roten bleiben unverändert. Das gleiche gilt für gelbes, grünes, blaues einfallendes Licht im entsprechenden Sinne. Was für das Photochlorid gilt, hat Gültigkeit auch für lichtempfindliche Farbstoffe und Gemische von solchen.

Die Schwierigkeiten, die dem Verfahren sich in den Weg stellen, sind mannigfacher Art. Die Photochloridbilder sind nur im Dunklen beständig. Bis jetzt ist ihre dauernde Erhaltung nahezu unmöglich. Bei den Farbstoffverfahren ist es schwer, genügend lichtempfindliche Farbstoffe in den Grundfarben Blau, Gelb, Rot zu finden, die gemischt Schwarz ergeben und gleich rasch und möglichst zu Weiß ausbleichen. Ferner sollte es möglich sein, die nicht ausgebleichten Farbstoffanteile vor weiterem Angriff durch das Licht zu schützen.

Über das Silberphotochlorid liegen umfangreiche Arbeiten vor von Baur²⁴⁾, Sichling²⁵⁾, Lüppo-Cramer²⁶⁾. Letzterer gab auch die für die

⁸⁾ Eders Jahrbuch 1901, S. 37—44.

⁹⁾ Ann. d. Physik Bd. 13, S. 239—270 (1904).

¹⁰⁾ Ann. d. Physik Bd. 14, S. 630—631 (1904).

¹¹⁾ Eders Jahrbuch 1901, S. 23—37.

¹²⁾ Eders Jahrbuch 1896, S. 20—23; 1898, S. 179 bis 184; 1899, S. 70—74; 1900, S. 178—193. Ferner „Neuhaus, Die Farbenphotographie nach Lippmanns Verfahren“, Knappe, Halle a. S. 1898.

¹³⁾ Ann. d. Physik u. Chemie 1896, Bd. 57, S. 533 bis 554.

¹⁴⁾ Valenta, Die Photographie in natürlichen Farben mit besonderer Berücksichtigung des Lippmannschen Verfahrens, Knappe, Halle a. S. 1894.

¹⁵⁾ Eders Jahrbuch 1893, S. 114—121.

¹⁶⁾ Zeitschr. f. wiss. Phot. 1916, S. 65—78 u. 97 bis 125.

¹⁷⁾ Zeitschr. f. wiss. Phot. 1907, S. 243—245.

¹⁸⁾ Physikal. Zeitschr. 1913, S. 265—270; 1914, S. 225—234.

¹⁹⁾ Zeitschr. f. wiss. Phot. 1908, S. 373—406.

²⁰⁾ Lehmann, Beiträge zur Theorie und Praxis der direkten Farbenphotographie mittelst stehender Lichtwellen nach Lippmanns Methode. Trömer, Freiburg i. Br. 1906.

²¹⁾ Ann. d. Phys. 15 (1904), S. 371—384.

²²⁾ Ann. der Phys. u. Chemie 1895, S. 225—281.

²³⁾ Lüppo-Cramer, Photographische Probleme, Knappe, Halle a. S., 1907, S. 193—217.

²⁴⁾ Über das farbenempfindliche Chlorsilber, Zeitschrift f. phys. Chemie 1903, S. 613—626.

²⁵⁾ Über die Natur der Photochloride des Silbers und deren Lichtpotentiale, Zeitschr. f. phys. Chemie 1911, S. 1—57.

²⁶⁾ Phot. Corr. 1907, S. 286—290, 327—337, 376 bis 382, 439—444, 484—487, 538—540, 566—579.

Kenntnis der Photochloride äußerst wichtigen Arbeiten *Carey Leas* neu heraus unter dem Titel „Kolloides Silber und die Photohaloide“ (Steinkopf, Dresden). Durch diese Arbeiten wurde vor allem nachgewiesen, daß die farbenempfindlichen Photochloride des Silbers feste Lösungen zwischen Silberhaloid und amorphem Silber von ununterbrochener Mischbarkeit sind. *Wiener* hatte sie noch, gestützt auf die Arbeiten von *Guntz*²⁷⁾, als Gemische von Silberchlorür und Silberchlorid aufgefaßt, eine Auffassung, die wohl nicht mehr zu halten ist. Praktische Bedeutung haben die farbenphotographischen Verfahren mit Photohaloiden bis jetzt nicht erlangt. Dagegen hat die Beschäftigung mit dem Ausbleichen lichtunechter Farbstoffe zum ersten einigermaßen gelungenen Kopierpapier für farbige Vorlagen geführt.

Die Versuche, zu einem brauchbaren Farbenkopierpapier zu gelangen, mußten sich vorwiegend in drei Richtungen bewegen; erstens war es notwendig, Farbstoffe auszusuchen, die möglichst mit gleichen Geschwindigkeiten ausbleichten. *Vallo*²⁸⁾ verwendete Anilinpurpur, Viktoriablauf und Curcuma und färbte in der Mischung der drei Farbstoffe gelatinisiertes Papier. *Neuhauf*²⁹⁾ emulsiionierte Methylenblau, Auramin und Erythrosin in Gelatine und goß die Emulsion auf Milchglasplatten. *Worel*³⁰⁾ stellte eine Kollodiumemulsion mit den Farbstoffen Auramin, Thioflavin T., Methylenblau B, B conc., Pyronin G, Kurkumin her und goß sie auf gelatinisiertes Barytpapier. *Stobbe*³¹⁾ verwendete die von ihm aufgefundenen und als Fulgide bezeichneten Farbstoffe zur Herstellung von Ausbleichpapieren.

Neben der Auswahl der richtigen Farbstoffe war es ferner nötig, auch deren Ausbleichen durch geeignete Sensibilisatoren zu beschleunigen oder auch an sich lichtechte Farbstoffe vorübergehend lichtunecht zu machen. Das Ausbleichen ist nach *Schaum* und *Gebhard*³²⁾ ein Autoxydationsvorgang; dieser Anschauung entsprechend wandte man als Sensibilisatoren, zunächst wohl mehr gefühlsmäßig, vorwiegend Stoffe an, die selbst oxydierend wirkten oder die Sauerstoffübertragung beförderten. *Neuhauf*³³⁾ nahm Wasserstoffsuperoxyd, später auch Ammoniumpersulfat und Chloralhydrat. *Worel*³⁴⁾ führte das Anethol (p-Propenylanisol), einen Bestandteil des Anisöls, als Sensibilisator ein, auch Harzleim wurde von ihm verwendet. *Just*³⁵⁾ benutzte mehrfach substituierte Thioharnstoffe. Auf

Thiosinamin (Allylschwefelharnstoff) als Beschleuniger hatte bereits *Smith*³⁶⁾ Patente genommen. *Lumière*³⁷⁾ suchte das Ausbleichen durch Zusatz von Hypochloriten, Bromiten und Joditen zu beschleunigen. *Stobbe*³⁸⁾ machte die Fulgide durch Zusatz von Nitrobenzol zum Farbstoffkollodium lichtempfindlicher.

Neben der Auswahl der richtigen Farbstoffe und ihrer zweckmäßigen Sensibilisierung ist als drittes die Haltbarmachung der Bilder von größter Wichtigkeit. Sie kann geschehen einerseits entweder durch Entfernen des Sensibilisators durch das für ihn geeignete Lösungsmittel oder durch chemische Zerstörung, andererseits durch Echtmachen der vom Licht nicht veränderten Farbstoffanteile. Beides ist aber nur bis zu einem gewissen Grade möglich. Denn die restlose Entfernung des Sensibilisators aus dem Farbstoffträger ist kaum zu erzielen, und ein Mittel, das die bis jetzt ausnahmslos verwendeten lichtunechten Farbstoffe wirklich lichtecht macht, ist noch nicht bekanntgeworden. Vielleicht wäre es überhaupt richtiger, für das Verfahren lichtechte Farbstoffe zu verwenden, diese vorübergehend lichtunecht zu machen und sie nach dem Ausbleichen wieder in die lichtechte Form zurückzuführen.

Es ist bemerkenswert, daß es allen Schwierigkeiten zum Trotz gelungen ist, Farbenauskopierpapiere fabrikmäßig zu erzeugen. 1905 erschien ein von Dr. J. H. *Smith* hergestelltes Ausbleichpapier unter dem Namen Utopapier, 1907 ein ähnliches Erzeugnis als Anethopapier im Handel. Beide waren Kollodiumpapiere. Das ältere mußte vor dem Gebrauch mit Wasserstoffsuperoxyd empfindlich gemacht werden, das neuere enthielt Anethol als Beschleunigungsmittel. 1911 wurde ein empfindlicheres Papier, das die Farben ziemlich richtig wiedergab und sogar Papierabzüge nach Farbrasterplatten ermöglichte, als Utocolorpapier durch *Smith* in den Handel gebracht. Dieses Papier war ein mit Anethol und Thiosinamin sensibilisiertes Gelatinepapier.

Die Lichtechtheit der farbigen Abzüge war leidlich. Ihre Fixierung erfolgte hauptsächlich durch Auswaschen des Sensibilisators.

Die Erwartungen, die man auf diese Farbenauskopierpapiere setzte, wurden zwar nicht vollkommen erfüllt. Störend wirkte vor allem die immer noch recht lange Belichtungszeit — Farbrasterplatten erforderten einige Stunden Belichtung in voller Sonne — und die nicht ganz richtige Wiedergabe der Farben. Immerhin darf man nicht vergessen, daß bis jetzt diese Ausbleichpapiere den ersten einigermaßen gelungenen Versuch darstellen der unmittelbaren Herstellung farbiger Papierabzüge nach farbigen Vorlagen, und es ist nicht zu bezweifeln, daß auf diesem

²⁷⁾ Compt. rend. 113, S. 72—75. (1891).

²⁸⁾ Eders Jahrb. 1897, S. 425.

²⁹⁾ Eders Jahrb. 1904, S. 62—65; 1905, S. 51—54.

³⁰⁾ Eders Jahrb. 1912, S. 8—15.

³¹⁾ Eders Jahrb. 1910, S. 161—166.

³²⁾ Eders Jahrb. 1909, S. 120—123.

³³⁾ Eders Jahrb. 1902, S. 20—30; 1903, S. 47—55; 1906, S. 11—14.

³⁴⁾ Eders Jahrb. 1903, S. 68—70; 1904, S. 42—46; 1905, S. 7—10; 1913, S. 90—92.

³⁵⁾ Eders Jahrb. 1903, S. 304—305.

³⁶⁾ D. R. P. 256 186 (14. 6. 1912); D. R. P. 224 011 (31. 7. 1910).

³⁷⁾ D. R. P. 258 241.

³⁸⁾ Eders Jahrb. 1910, S. 161—166.

Gebiete noch Fortschritte gemacht werden können.

II. Mittelbare farbenphotographische Verfahren (Dreifarbenverfahren).

Die Verfahren des Abschnittes II beruhen sämtlich auf der in der Einleitung besprochenen Youngschen Theorie der Farbenwahrnehmung und bedingen deshalb, daß das von den farbig wiederzugebenden Dingen zurückgeworfene Licht vor der Einwirkung auf die lichtempfindliche Schicht durch farbige durchsichtige Mittel (Lichtfilter) in einen blauen, grünen und roten Anteil zerlegt wird, entsprechend dem Blau-Grün-Rot-Farbengehalt der Dinge. Die lichtempfindliche Schicht zeigt nach der üblichen photographischen Behandlung (Entwickeln und Fixieren) im Negativ die den Farbenanteilen der Dinge entsprechende Schwärzung. Die Farbwerte sind in Helligkeitswerte umgesetzt, so daß beispielsweise dem hellsten Rot des Aufnahmegegenstandes die größte Schwärzung der Platte, die hinter dem Rotfilter belichtet wurde, entspricht.

Die Wiederumsetzung der Helligkeitswerte in Farbwerte kann erfolgen durch

1. Mischung farbiger Lichter (additive Farbensynthese), und zwar

a) durch einzelne Farbfilter (von einer der Öffnung des Projektionsobjektives oder dem Teilbild entsprechenden Größe).

Werden in diesem Falle die den Teilnegativen entsprechenden Positive mit der Farbe ihrer Aufnahmefilter beleuchtet und betrachtet (vom einzelnen in einem Dreifarbenschaukasten [Chromoskop], von mehreren als Dreifarbenlichtbild [Dreifarbenprojektion]), so werden die Farben richtig wiedergegeben, soweit die Umsetzung der Farbwerte in Helligkeitswerte auf dem photographischen Weg gelungen ist.

Die praktische Durchführung des Verfahrens erfolgt in der Weise, daß durch die Farbfilter hindurch die unmittelbar vor oder hinter dem photographischen Objektiv oder vor der lichtempfindlichen Schicht angebracht sind, auf einer möglichst für alle Farben des Spektrums empfindlichen photographischen Platte die drei Teilaufnahmen nacheinander oder gleichzeitig gemacht werden.

Die Nacheinanderaufnahme schließt die Wiedergabe rasch bewegter Dinge aus. Denn wenn die Lage ein und desselben Dinges auf den drei Teilplatten nicht die gleiche ist, entstehen bei der späteren Vereinigung der Teilbilder äußerst störende farbige Ränder. Bei gleichzeitiger Aufnahme der Teilbilder entfällt dieser Fehler. Die gleichzeitige Aufnahme erfordert aber, abgesehen von der Aufnahme mit Farbrasterplatten, besondere Objektiv- oder Kamera-konstruktionen. Gleichzeitige Aufnahmen mit drei nebeneinander angeordneten Objektiven sind wegen der Störung durch die auftretende Parallaxe nur in beschränktem Maße möglich.

Diese Schwierigkeiten sind dem Fortschritt und der Verbreitung der Farbenphotographie recht hinderlich gewesen; und wirklich brauchbare Lösungen der gleichzeitigen Aufnahme der Teilbilder sind bis jetzt nicht gegeben worden. Ein gewisses Interesse verdient vielleicht die Ivessche Ausführung einer Dreifarbenkamera für die gleichzeitige Aufnahme der drei Teilbilder. Bei diesem Verfahren³⁹⁾, das unter dem Namen Hicro Colour Process von der amerikanischen Heß-Ives-Gesellschaft vertrieben wird, sind die photographischen Platten für die Herstellung der drei Teilnegative zu einer Einheit verbunden.

Die grünempfindliche Platte und die für die Rotaufnahme liegen in einem Rahmen Schicht gegen Schicht, die blauempfindliche mit dem Rahmen gelenkig verbundene Platte wird vor der Belichtung in einen Winkel von 90° zu den beiden anderen Platten gebracht und erfährt die Belichtung durch einen zum Teil durchlässigen, im Winkel von 45° zur Platte innerhalb der photographischen Kammer angeordneten Spiegel. Das Licht, das durch den Spiegel noch hindurchgeht, belichtet die Grün- und die hinter ihr liegende Rotplatte. Nach der Belichtung kehren Spiegel und Blauplatte in die Anfangsstellung zurück. Entwicklung der Platten und Anfertigung der Farbenbilder erfolgen nach einer genau ausgearbeiteten Vorschrift. Wieweit das Verfahren, dem gewisse Vorzüge nicht abzuspochen sind, besonders in Amerika, praktisch verwendet wird, habe ich nicht ermitteln können. Auf ein ähnliches Verfahren erhielt Arthur Gleichmar in Berlin-Steglitz das D. R. P. 326 369 (ab 26. 7. 1919).

Von größerer Bedeutung als die auf konstruktivem Wege erzielten Fortschritte in der eigentlichen Dreifarbenphotographie ist die durch die Herstellung geeigneter Farbstoffe erzielte Erhöhung der Farbenempfindlichkeit von Gelatineplatten, wie auch der für den Dreifarbendruck wichtigen Bromsilberkollodiumemulsion.

Erwähnt werden muß an dieser Stelle das farbige bewegte Bild, da der einzige praktische Erfolg der Farbenkinematographie bis jetzt nur auf dem Wege der Drei- bzw. Zweifarbenaufnahme und Wiedergabe durch Farbfilter erreicht worden ist, und zwar durch die Verfahren von Gaumont und Smith und Urban. Beim Verfahren von Gaumont werden durch 3 möglichst nahe übereinander angeordnete Objektive, die mit den 3 Farbfiltern versehen sind, auf den panchromatisch sensibilisierten Film von normaler Abmessung gleichzeitig die 3 Teilaufnahmen gemacht. Die geringe durch den Abstand der Objektive bedingte Parallaxe muß Gaumont in Kauf nehmen und deshalb Vorlagen mit sehr großen Tiefenunterschieden zu vermeiden suchen. Während bei der Aufnahme der Film jedesmal um

³⁹⁾ Brit. Journ. of Photography Vol. LXII, Nr. 2887 (1915). Supplement on colour Photography.

3 Bildhöhen weitergeführt wird, ist dies bei der Wiedergabe vermieden. Es wird zwar mit 3 Objektiven gleichzeitig projiziert, aber der Film rückt immer nur um eine Bildhöhe weiter, so daß den 3 Objektiven nacheinander ein blau-grün-roter, ein grün-rot-blauer und ein rot-blau-grüner Aufnahmesatz dargeboten wird. Die nötige wechselnde farbige Beleuchtung wird durch eine vor den Objektiven rotierende 3teilige Blende bewirkt.

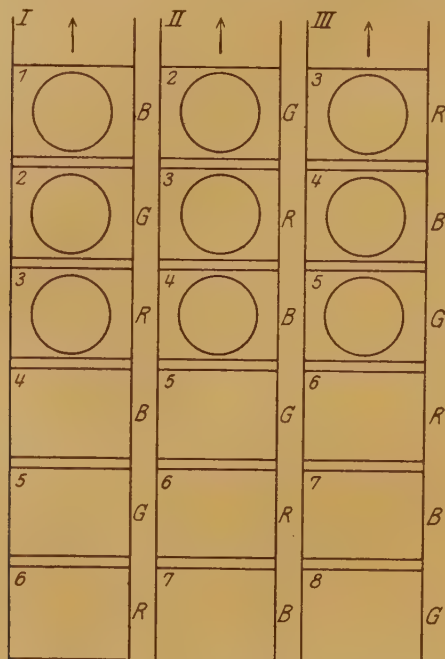


Fig. 2a. Fortschaltung des Films um je eine Bildhöhe bei 3 aufeinanderfolgenden Projektionsphasen I, II, III bei Gaumontscher Dreifarbenkinoprojektion. Die Kreise deuten die Projektionsobjektive an, → = Bewegungsrichtung des Filmbandes.



Fig. 2b. Anordnung der Filter auf der sich drehenden Farbscheibe des Gaumontschen Dreifarbenkinoprojektors, → = Drehrichtung der Scheibe.

wirkt, die die Farbfilter in abwechselnder Reihenfolge angeordnet enthält. Die Wiedergabe ist also keine streng gleichzeitige, der Aufnahme entsprechende, und bei im Verhältnis zur Bildzahl schnellen Bewegungen können Farbsäume auftreten. Zur Vermeidung dieser Farbsäume soll bei einer anderen Konstruktion des Wiedergabeapparates eine jedesmalige Fortschaltung um 3 Bildhöhen erfolgen, die naturgemäß eine

wesentlich stärkere Beanspruchung des Films bewirkt.

Das zweite farbenkinematographische Verfahren, das Eingang in die Praxis gefunden hat, das von *Urban* und *Smith* ausgearbeitete, unter dem Namen *Kinemacolor* bekannte baut sich auf anderer Grundlage auf. Es benutzt zur Aufnahme nur 2 Farben — orange und blaugrün. Es ist also kein Drei-, sondern ein Zweifarbenverfahren. Durch eine vor dem photographischen Objektiv und dem Verschuß sich drehende halb grüne, halb rote Farbfilterscheibe wird die Aufnahme zeitlich hintereinander mit der doppelten Geschwindigkeit wie bei der üblichen Kinaufnahme, also mit 32 statt mit 16 Bildern in der Sekunde, gemacht. Die Wiedergabe erfolgt in ähnlicher Weise wie bei der üblichen Kinoprojektion, aber mit der doppelten Geschwindigkeit.

Außer dem gewöhnlichen, vor dem Objektiv umlaufenden Verschuß dreht sich zwischen Kondensor und Film mit der halben Geschwindigkeit eine grün-rote Beleuchtungsfarbscheibe.

Im Verfahren liegt es begründet, daß kein reines Blau und kein reines Purpur entstehen kann. Um diesen Mangel einigermaßen zu beheben, wird der Projektionsschirm zwischen dem Vorübergang der grünen und der roten Beleuchtungsscheibe noch mit blauem Licht periodisch beleuchtet. Diese Beleuchtung wird durch ein einen Teil der Verschußscheibe einnehmendes Blaufilter erzeugt, das sein blaues Licht durch zwei freie Schlitze der grünroten Beleuchtungsscheibe auf den Schirm wirft, wobei natürlich der ganze Schirm blau beleuchtet wird, und nicht nur die Stellen des Bildes, die blau erscheinen sollten. Die Farbwirkung kommt beim *Kinemacolor*verfahren dadurch zustande, daß das Auge die rasch aufeinanderfolgenden Einzelfarbeneindrücke zu einheitlichen Mischfarben verschmilzt, ähnlich wie beim bekannten Farbenkreisel.

Es ist bemerkenswert, daß gute *Kinemacolor*-vorführungen keinen schlechten Eindruck machen, obwohl das Verfahren der Theorie nach nichts weniger als einwandfrei ist. Selbst das Blau erscheint verhältnismäßig deutlich. Wie weit freilich die Farben des Bildes denen der Aufnahmegegenstände gleichen, ist eine andere Frage; für das *Kinemacolor* und ähnliche Verfahren ist es ein Glück, daß die Farbenerinnerung des Auges im allgemeinen recht mangelhaft ist. Ein prinzipieller Mangel haftet dem Verfahren an, das Auftreten von Farbsäumen bei der Wiedergabe sehr rascher Bewegungen als Folge der Hintereinanderaufnahme der Teilbilder.

Endgültige Lösungen der Farbenkinematographie stellen beide Verfahren, das Gaumontsche und *Kinemacolor*, nicht dar; doch beachtenswerte Versuche einer Lösung sind beide.

Statt der Färbung der Teilbilder durch Beleuchtung mit Farbfiltern kann die Färbung auch bewirkt werden durch

II. 1. b. Beugungsfarben

nach dem von R. W. Wood angegebenen Verfahren. Die Beugungsfarben werden durch feine in die 3 Teilbilder einkopierte Linien (Gitter) erzeugt. Die Bilder sind sehr glänzend, erfordern aber besondere Betrachtungsapparate und sehr genaue Ausrichtung. In der Praxis hat das Verfahren keinen Eingang gefunden. Näheres darüber findet sich in „Donath, Die Grundlagen der Farbenphotographie, Braunschweig 1906“, wo auch die einschlägige Literatur veröffentlicht ist.

Die bis jetzt behandelten Verfahren der mittelbaren Farbenphotographie konnten wegen der Schwierigkeiten, die sowohl die einwandfreie Aufnahme der 3 Teilbilder, wie auch ihre Wiedergabe durch verwickelte Wiedergabeeinrichtungen bereiteten, niemals das Gemeingut weiterer Kreise werden.

Mit einem Schlage trat aber eine Änderung hierin ein durch die praktische Ausgestaltung der

II. 1. c. Dreifarbenrasterverfahren.

In ihrem Wesen unterscheiden sich die Verfahren mit Farbenrastern dadurch von den bis jetzt behandelten mittelbaren, daß die Zerlegung in die Youngschen Grundfarben und deren Wiedervereinigung nicht durch 3 große in der Nähe des photographischen Objektivs oder der photographischen Platte angebrachte Farbfilter bewirkt wird, sondern durch sehr kleine, möglichst unterhalb des Auflösungsvermögens des Auges liegende, nebeneinander angeordnete Elemente, die in den 3 Grundfarben gefärbt in unmittelbarer Nähe der photographischen Schicht liegen und zugleich als Aufnahme- und Betrachtungs- oder Vorführungsfilter dienen. Die Mischfarben entstehen auf rein additivem Wege dadurch, daß die nebeneinander liegenden Elemente nicht mehr einzeln wahrgenommen werden, sondern im Auge zu einem einheitlichen Farbeindruck verschmelzen.

Werden beispielsweise alle blauen Elemente eines derartigen Farbrasters zugedeckt, so entsteht aus den verbleibenden grünen und roten die Mischfarbe Gelb, beim Bedecken nur der roten bildet sich als Mischfarbe aus Blau und Grün Blaugrün. Nicht vollkommene Deckung führt zu weißlicheren Mischfarben, Schwarz entsteht durch Deckung aller Elemente, Weiß durch Mischung aller 3 unbedeckten Rasterelemente.

Der Farbenraster kann mit der photographischen Schicht fest verbunden oder auch von ihr trennbar sein. Die Belichtung erfolgt durch den Raster hindurch auf die photographische Schicht. Die Glasseite der Rasterfarbenplatte ist also dem photographischen Objektiv zugekehrt.

Durch die Entwicklung kann entweder ein Farbennegativ, das die Komplementärfarben der Vorlage zeigt, gewonnen werden, oder es kann durch Umkehrung des Bildes auf chemischem Wege ein Farbenpositiv erzeugt werden. Das im ersten Fall gewonnene Negativ kann gegebenen-

falls zur Herstellung von beliebig vielen Farbenpositiven benutzt werden.

Die Grundgedanken der Farbrasterverfahren wurden schon im Jahre 1868 durch den Franzosen *Ducos du Hauron* (geb. 1837) ausgesprochen und veröffentlicht. Ihre Überführung in die Praxis wurde aber erst möglich durch die bereits erwähnte Entdeckung *H. W. Vogels* im Jahre 1873, daß bestimmte Farbstoffe die Halogensalze des Silbers für die weniger brechbaren, gelben und grünen Teile des Spektrums empfindlich machen (Orthochromasie), sowie durch die spätere Auffindung und Anwendung von Farbstoffen, die die Platte auch für Rot sensibilisierten (Panchromasie).

Die ersten verhältnismäßig groben Farbraster mit 6—7 Linien auf den Millimeter wurden von *Joly* in Dublin, *Mc Donough* (12 Linien auf den Millimeter) und *Brasseur* und *Sampolo* (21 Linien auf den Millimeter) hergestellt. Sie fanden aber wegen des durch die Schwierigkeit ihrer Herstellung bedingten hohen Preises keinen Absatz. Erst die durch die Gebrüder *Lumière* in Lyon fabrikmäßig hergestellten, aus blau-grün-rot gefärbten Stärkekörnchen bestehenden Dreifarbenrastern machten die Farbenphotographie zu einer von jedem auszuübenden Sache. Der große Erfolg, den die *Lumières* mit ihrem Verfahren hatten, spornte eine ganze Reihe von Erfindern zu anderen Lösungen der Farbrasterherstellung an, von denen die, die einige praktische Bedeutung erlangten und im Handel zu haben waren, im folgenden kurz besprochen werden sollen.

Die Einteilung der Farbraster kann nach sehr verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen, z. B. nach der Form der Rasterelemente, nach der Herstellungsweise, nach dem Stoff, aus dem sie bestehen und anderen Merkmalen, und es sind von *Mees* und *Pledge*⁴⁰⁾ sowie von *Limmer*⁴¹⁾ derartige Einteilungen gegeben worden.

Für die vorliegende Betrachtung sollen die Raster der Einfachheit wegen nur getrennt werden in *unregelmäßige* und *regelmäßige*. Von einer sonstigen Einteilung soll abgesehen werden, dagegen soll bei den einzelnen Rasterfarbenplatten kurz einiges über ihre Herstellung erwähnt werden.

Unregelmäßige Raster.

1. Der *Autochromraster* der Gebrüder *Lumière* in Lyon vom Ende 1906 besteht aus gefärbten Kartoffelstärkekörnchen von 0,01—0,02 mm Durchmesser. Sie sind zu grau gemischt, auf eine Klebeschicht aufgestäubt, plattgewalzt, und der zwischen den Körnern verbleibende Raum ist mit einer schwarzen Masse (Ruß) ausgefüllt. Die Herstellung erfolgt also auf rein mechani-

⁴⁰⁾ Brit. Journ. of Photogr. (Colour Suppl.) 1910, 57, S. 45—48.

⁴¹⁾ Phot. Industrie 1911, S. 929—932, 956—957, 998—999

schem Wege. Raster und photographische Schicht sind auf einer Glasplatte fest miteinander verbunden.

2. Der *Auroraraster* von *E. Fenske*, der kurz nach dem *Autochrom* auftrat, besteht aus gefärbten, sehr verschieden großen Gummiarabicumteilchen von durchschnittlich 0,07 mm Größe, die ebenfalls auf einer Klebeschicht festgehalten werden. Die Zwischenräume zwischen

(Dänemark)⁴²⁾ durch Emulsionierung von gefärbten Schellaklösungen in Terpentinöl oder von gefärbten Gummiarabicumdextrinlösungen in Dammarharzterpentinöllösungen gewonnen werden.

Die zu Grau gemischten Körperchen werden auf den Rasterträger aufgetragen und schließen im fertigen Raster lückenlos aneinander. Der Raster ist mit der photographischen Schicht fest verbunden.

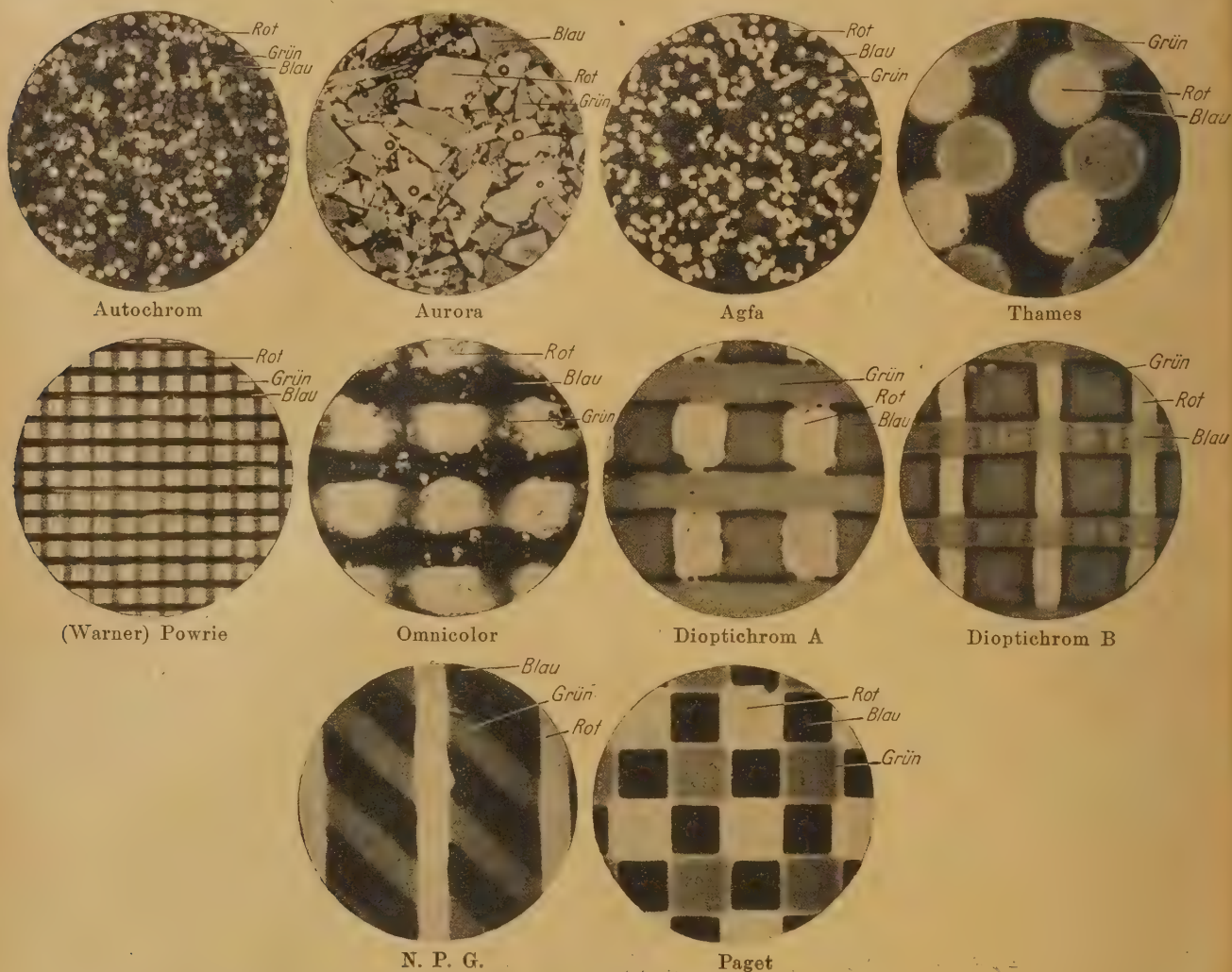


Fig. 3. Einige Farbrasterplatten.

Vergrößerung 100fach. Zeiß Apochromat 16 mm Bogenlicht. Hauff Fernsichtplatte (rotempfindlich). Orangefilter (Rapidfilterrot D = 2,92). Durch die Aufnahme mit gleicher Plattensorte und gleichem Filter kommt deutlich die verschiedene Färbung der Einzelemente der Farbraster zum Ausdruck.

den einzelnen Teilchen sind durch Ruß beseitigt. Die auf mechanischem Wege hergestellten Raster wurden getrennt von der photographischen Schicht geliefert.

3. Der *Agfafarbenraster* der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin vom Jahre 1916 besteht aus blau-grün und rot gefärbten Körperchen von der ungefähren Größe der Stärkekörnchen des *Autochrom* Rasters, die nach den Patenten von *Jens Herman Christensen* in Holte

Regelmäßige Raster.

Die regelmäßigen Raster, von denen die Fig. 3 außer den eben besprochenen unregelmäßigen eine Anzahl zeigt, können aus Punkten, Linien, Vielecken und aus Verbindungen dieser Elemente miteinander bestehen. Ihre Herstellung kann auf mechanischem Wege, beispielsweise durch Ziehen

⁴²⁾ D. R. P. 224 465 (ab 1. 4. 1908), D. R. P. 278 043 (ab 18. 5. 1913).

oder Drucken von Linien auf geeignetem Zieh- oder Druckgrund, ferner auf chemischem Wege, und zwar meist mit Hilfe der Belichtung photographischer Schichten, sowie durch die Verbindung beider Herstellungsweisen erfolgen.

Genauer auf die Herstellungsarten der regelmäßigen Farbraster einzugehen, würde zu weit führen. Sie können im folgenden nur ganz kurz angedeutet werden. Näheren Aufschluß darüber kann man am besten in den nach Möglichkeit angegebenen Patentschriften finden.

4. Die *Thames-Rasterplatte*⁴³⁾ ist eine mit Hilfe der Lichtempfindlichkeit von Gelatine-Bichromatschichten auf rein photographischem Wege — abgesehen von der nötigen Anfärbung der Elemente — hergestellte Platte. Zuerst wurden Raster und Platte getrennt geliefert, später wurde der Raster gleich mit photographischer Schicht überzogen.

5. Die *Powriepatte*⁴⁴⁾, eine ebenfalls auf rein photochemischem Wege hergestellte Rasterplatte, fußt im allgemeinen auf der schon von *Ducos du Hauron* in seinem französischen Patent 83 061 vom Jahre 1868 angegebenen Herstellungsart. Bemerkenswert an dieser Platte, die auch auf Zelluloid als Kinofilm gedacht erschien, ist die große Feinheit der Rasterelemente.

6. Die *Omnicolorplatte*⁴⁵⁾ wurde durch mehrfachen Druck feiner Linien mittelst Fettfarbe auf eine Kolloidschicht und Färbung der zwischen den aufgedruckten Linien verbleibenden freien Kolloidstellen mit Anilinfarben hergestellt. Beachtenswert ist die auf diesem verhältnismäßig groben Weg erreichte Feinheit des Rasters.

7. u. 8. Die *Diophtichromplatten*⁴⁶⁾ A u. B sind in ähnlicher Weise wie der *Omnicolorraster* mittelst Fettfarbendrucks auf Kolloidschichten hergestellte Farbrasterplatten, bei denen das verschiedene Verhalten der bedruckten und unbedruckten Stellen gegenüber wässrigen Farbstofflösungen zur Färbung in den Grundfarben benutzt wird.

Diese Raster wurden ebenso wie der *Omnicolorraster* mit photographischer Schicht überzogen geliefert.

9. Die *N. P. G.-Rasterplatte*⁴⁷⁾. Auch die Herstellung dieser von der Neuen Photographischen Gesellschaft in Berlin in den Handel gebrachten Platte beruhte auf ähnlichen Grundlagen wie die der *Omnicolor-* und *Dufayplatten*. Der Raster wurde aber nicht auf Glasplatten gedruckt, sondern auf gelatinierte Zelluloidfilms.

⁴³⁾ Engl. Pat. 19 652 für *Clare Livingstone Finlay* in London (1906).

⁴⁴⁾ D. R. P. 215 072 (v. 24. 10. 1905); D. R. P. 225 004 (v. 24. 10. 1907) für *John Hutchinson Powrie* in Chicago.

⁴⁵⁾ D. R. P. 218 323 für *Louis Ducos du Hauron* u. *Raymond de Bergecol* in Joinville le Pont (Seine) v. 5. 1. 1907.

⁴⁶⁾ Engl. Pat. 11 698 (1908) u. 18 744 (1908) für *Louis Dufay* in Chantilly (Frankreich).

⁴⁷⁾ D. R. P. 221 727 (v. 21. 11. 1908) für *Robert Krayn* in Berlin.

Die lichtempfindliche Schicht war mit dem Raster fest verbunden. Die Rasterplatte wurde zum Negativ in den Komplementärfarben des Originalen entwickelt, und nach diesem komplementärfarbigem Negativ war die Herstellung von beliebig vielen Positiven in den richtigen Farben der Vorlage durch unmittelbare Kopierung möglich. Die Linien der für die Abzüge bestimmten Farbfilms waren gegenüber denen der Aufnahmefilms um 90° gedreht, um die sonst beim Kopieren auftretende Moirébildung zu verhindern.

10. Die *Paget-Prize-Rasterplatte*. Dieser außerordentlich schöne, sehr helle, aus Quadraten zusammengesetzte Raster ist in ähnlicher Weise wie die vorhergehenden durch Druck auf mit Kollodium überzogene Glasplatten hergestellt, wobei wieder das verschiedene Verhalten des bedruckten und unbedruckten Kollodiums gegenüber Farbstofflösungen zur Anfärbung benutzt wird.

Dieser Raster wird so verwendet, daß durch den Raster hindurch eine hinter ihn gelegte panchromatische Platte belichtet und nach dem Belichten zum Negativ entwickelt wird. Nach dem Negativ können beliebig viele Glaspositive gemacht werden. Die Glaspositive werden mit einem der Aufnahmeraster gleichenden, nur etwas heller gefärbten Betrachtungsraster zusammengelegt und durch Verschieben leicht zum Passen gebracht, wobei bei gutem Passen die richtigen Farben erscheinen. Das Passen ist bei diesem Raster wegen einer Regelmäßigkeit leicht zu erzielen. Es ist auch versucht worden, diesen Raster zur Herstellung von Aufsichtsbildern zu benutzen⁴⁸⁾.

Die hier behandelten Farbrasterplatten bilden nur einen kleinen Teil von dem, was in den letzten 15 Jahren auf diesem Gebiete der Farbenphotographie geleistet worden ist. Vieles ist über das Versuchsstadium gar nicht herausgekommen, und aus diesem Grunde nicht erwähnt worden. Und von alledem haben eigentlich nur die *Autochromplatte* und bis zu einem gewissen Grade die äußerlich ihr recht ähnliche *Agfarasterplatte* vermocht, sich auf dem Markte zu halten.

Das liegt an einer ganzen Reihe von Gründen. Zunächst ist die gleichmäßige Herstellung von Farbrastern auf mechanischem Wege wie bei diesen beiden Platten unzweifelhaft leichter als die Anfertigung auf photographischem Wege oder durch Druck und Anfärben.

Bei durch Photographie oder Druck hergestellten Rastern ist eine stets gleiche, zueinander passend abgestimmte Färbung der Einzelemente, von der die graue Farbe des Rasters im ganzen abhängt, aus rein technischen Gründen viel schwieriger als beim Mischen von Körnern, die für sich in größerer Menge in den Grundfarben angefärbt und zu Grau gemischt werden können. Dann war bei vielen Farbrasterplatten die Abstimmung zwischen Rasterfärbung, Emulsions-

⁴⁸⁾ Engl. Pat. 5144 (1912) u. 24 516 (1913).

sensibilisierung und dem zur Dämpfung der immer noch überwiegenden Blauempfindlichkeit der panchromatischen Emulsion nötigen Kompensationsfilter nicht genügend genau, so daß die Farbenwiedergabe nicht gut genug war.

Verschiedene Linienraster geben durch ihre Struktur bei der Aufnahme feiner regelmäßiger Dinge zu sogenannten Moirébildungen Veranlassung, die äußerst störend wirken. Auch war ein großer Teil der regelmäßigen Raster zu grob, so daß die Feinheiten der Dinge recht mangelhaft wiedergegeben wurden. Es ist hierauf besonders von Mees und Pledge hingewiesen worden⁴⁹⁾.

Auf eine Frage muß noch eingegangen werden, die der Verwendung von Farbrasterfilms für farbenkinematographische Aufnahmen. Einige ganz einfache Überlegungen lehren, daß die bis jetzt erzeugten Farbraster nicht imstande sind, diese Aufgabe zu lösen, und zwar vor allem aus zwei Gründen. Einmal sind sie nicht fein genug für die starke, durchschnittlich 200fache Vergrößerung durch den kinematographischen Wiedergabeapparat, und dann würde ihre Verwendung viel zu starke Lichtquellen erfordern, die nötig wären, um die geringe Lichtdurchlässigkeit der Raster auszugleichen. Nach Thieme⁵⁰⁾ läßt der Autochromraster 7, der Agfaraster 10, der N. P. G.-Raster 10, der Dufayraster 23, der Paget-raster 35 Prozent des auffallenden Lichtes hindurch.

Ganz kurz soll noch eingegangen werden auf die durch Körperfarben mögliche sogenannte subtraktive Synthese der Dreifarbenbilder, die auf

- a) photographischem Wege,
- b) durch den Pressendruck erfolgen kann.

Es gibt eine ganze Reihe photographischer Verfahren, die es ermöglichen, nach den Teilnegativen farbige Abzüge durch Übereinanderbringen der gelb, blau und rot gefärbten Teilbilder zu erzielen.

Die Zusammenstellung Gelb-Blau-Rot muß deshalb gewählt werden, weil Gelb nicht durch subtraktive Mischung entstehen kann. Aus dem Gelb als der Ausgangsgrundfarbe ergeben sich dann ohne weiteres Rot und Blau. Alle subtraktiven photographischen Dreifarbenverfahren, von denen hier nur der Dreifarbenkummidruck und die auf der Grundlage des Hektographen beruhende Pinatype erwähnt seien, leiden darunter, daß es aus den gleichen Gründen, die die Herstellung einer größeren Anzahl auf photographischem Wege hergestellter gleicher Dreifarbenraster unmöglich machen, nicht gelingen kann, eine größere Zahl gleicher Dreifarbenaufsicht- oder -durchsichtsbilder herzustellen, ganz abgesehen davon, daß diese Verfahren große Vertrautheit mit der photographischen Technik erfordern. Aus diesen Gründen sind sie für die Allgemeinheit auch nicht von Bedeutung gewesen.

Günstiger erscheint auf den ersten Blick die Vervielfältigung durch den Pressendruck. Doch sind auch hier die theoretischen und praktischen Schwierigkeiten recht bedeutend. Beim Farbenlichtdruck, der eine gewisse Rolle für das farbige Bild spielt, ist es wegen der vor allem von der Luftfeuchtigkeit abhängenden Beschaffenheit der Druckplatten schwer, eine größere Menge gleichmäßiger Drucke zu erreichen. Auch spielt der sogenannte Überdeckungsfehler, der durch nicht genügendes Lasieren der Druckfarben veranlaßt wird, eine große Rolle.

Der Farbenhochdruck wie auch der Farben-tiefdruck ermöglichen zwar dank der verhältnismäßigen Beständigkeit der Druckformen leichter die Herstellung größerer Mengen gleichmäßiger Drucke. Aber einerseits leiden beide darunter, daß sie im Grunde genommen keine rein subtraktiven Verfahren darstellen — subtraktiv ist die Farbenmischung eigentlich nur da, wo die Druckelemente übereinanderliegen, additiv dagegen an allen Stellen, wo sie nebeneinander angeordnet sind —, andererseits ist die persönliche Tätigkeit des Ätzers eine so bedeutende, daß man von einem rein mechanischen Verfahren nicht recht sprechen kann. Besonders die vielen Dreifarbendrucke, die nach Farbrasteraufnahmen hergestellt werden, verdanken ihre Wirkung weit mehr der geschickten Hand des Ätzers als der photographischen Farbentrennung, die eigentlich nur eine gewisse Erleichterung des Verfahrens bedeutet.

Die Bedeutung, die der Farbrasteraufnahme als Vorlage zukommt, soll dabei in keiner Weise herabgesetzt werden. Denn die Farbrasterverfahren haben erst die Möglichkeit geschaffen, daß jeder von Dingen, bei denen die Farbe eine Bedeutung hat, leicht farbige Reproduktionen erzeugen kann, die ihrerseits wieder dem Ätzer als wertvolles Hilfsmittel zur Herstellung seiner Farbendrucke dienen. Welche Bedeutung den Farbrasterverfahren in Verbindung mit dem Farbendruck zukommt, darauf braucht wohl nicht besonders hingewiesen zu werden. Die Rolle, die das Farbenrasterbild in der Medizin, in den Naturwissenschaften, in der Kunstgeschichte, wie überall da spielt, wo es sich darum handelt, vergängliche oder schwer zugängliche Farbwerte festzuhalten, ist eine äußerst wichtige. Und doch müssen wir, wenn wir einen Blick auf die Entwicklung und den jetzigen Stand der Farbenphotographie werfen, feststellen, daß wir trotz allem Erreichten doch noch recht weit von der einwandfreien Lösung des Problems entfernt sind. Die unmittelbaren Verfahren spielen praktisch bis jetzt eine recht untergeordnete Rolle, die mittelbaren, die zurzeit das Feld beherrschen, sind im Grunde genommen die weniger schönen Lösungen.

Die Aufgaben, die noch der Lösung harren, sind äußerst zahlreich; es sei nur an das farbige Papierbild und die Farbenkinematographie erinnert, aber es wird noch vieler Arbeit bedürfen, um dem Ziele näher zu kommen.

⁴⁹⁾ Brit. Jour. of Photography (Colour Suppl.) 57, 1920, S. 62—64.

⁵⁰⁾ Phot. Rundschau 1916, S. 62.

Literatur.

Einige im Text noch nicht besonders angeführte Werke über Farbenphotographie.

1. Allgemein.

Donath, Dr. B., Die Grundlagen der Farbenphotographie. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1906.

Ducos du Hauron, L., Les couleurs en photographie, solution du problème. Marion, Paris 1869.

Johnson, George Lindsay, Photography in Colours. George Rontledge and Sons, London 1916.

Wiener, Otto, Über Farbenphotographie und verwandte naturwissenschaftliche Fragen. Barth, Leipzig 1909.

2. Ausbleichverfahren.

Limmer, Fritz, Das Ausbleichverfahren. Knapp, Halle a. S. 1911.

Zenker, Wilhelm, Lehrbuch der Photochromie. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1900.

3. Farbrasterverfahren.

Hübl, A., Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochrom und anderen Rasterfarbenplatten. 5. Aufl. Knapp, Halle a. S. 1921.

Jaiser, Adolf, Farbenphotographie in der Medizin. Ferdinand Enke, Stuttgart 1914.

König, E., Die Autochromphotographie und die verwandten Dreifarbenrasterverfahren. Gustav Schmidt, Berlin 1908.

Mebs, A., Farbenphotographie mit Farbrasterplatten. Fernbach, Bunzlau 1911.

4. Dreifarbenphotographie.

Broum, Karl H., Die Autotypie und der Dreifarben- druck. Knapp, Halle a. S. 1912.

v., Hübl, A., Die Dreifarbenphotographie mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbendrucks und ähnlicher Verfahren. 3. Aufl. Knapp, Halle a. S. 1912.

Miethe, A., Dreifarbenphotographie nach der Natur nach den am Photochemischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin angewandten Methoden. 2. Aufl. Knapp, Halle a. S. 1908.

Besprechungen.

Hertwig, O., Die Elemente der Entwicklungslehre. 6. Aufl. Jena, G. Fischer, 1920. IX, 495 S. u. 438 Abb. Preis geh. M. 30,—, geb. M. 36,—.

Die Elemente der Entwicklungslehre des Menschen und der Wirbeltiere, Anleitung und Repertorium für Studierende und Ärzte von Oscar Hertwig, welche in sechster Auflage neu herausgekommen sind, sollen, wie Hertwig in der ersten im Jahre 1899 erschienenen Auflage schreibt, „zur Einführung in das Gebiet der Entwicklungslehre dienen und nur ihre Haupttatsachen in kürzerer Form zur Darstellung bringen“. So wendet sich das Buch vor allem an den Anfänger, der sich in die Entwicklungsgeschichte einarbeiten will. Ihn macht es in überaus klarer Darstellung rasch mit der zum Teil doch recht schwierigen Materie vertraut und erleichtert ihm das Festhalten des Erarbeiteten durch die in Form einzelner Thesen am Schlusse jedes Kapitels zusammengestellten Übersichten „Repetitorien“. In den letzten Auflagen hat Hertwig mehr als vorher den Menschen berücksichtigt, das werden ihm die Ärzte, die das Buch gelegentlich zu Rate ziehen, sehr zu Dank wissen. Die Lehre von den Eihüllen des Menschen ist etwas eingehender behandelt worden; dabei sind auch die Zwillingschwangerschaften erörtert. Auch die entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen praktisch wichtiger Mißbildungen haben entsprechende Würdigung gefunden. So wird auch die neue Auflage des Buches die Aufgabe, „das Studium der Entwicklungsgeschichte den Studierenden der Medizin und

Naturwissenschaften noch mehr zu erleichtern und es soweit als möglich zu einem allgemeinen Bildungsmittel zu machen“, voll und ganz erfüllen.

Heiderich, Bonn.

Goldschmidt, R., Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung. Vortr. u. Aufs. über Entw.-Mech. der Organismen, herausgeg. v. W. Roux. Heft XXIV. Berlin, Julius Springer, 1920. 163 S. und 28 Abb. Preis M. 38,—.

In vier Kapiteln behandelt Goldschmidt in diesem Buche zuerst die Vererbung des Geschlechtes als Ausgangspunkt. Im zweiten wird der multiple Allelomorphismus und die Faktorenquantität besprochen, im dritten diese mit der geographischen Variation und im vierten mit der Selektion in Verbindung gebracht.

Hinter diesen Überschriften verbirgt sich die Behandlung eines sehr ausgedehnten Beobachtungsmaterials auf eigenen, jahrelangen experimentellen Untersuchungen an *Lymantria dispar* L., ihren Entwicklungsstufen und geographischen Rassen beruhend, das man sich wie Referent einmal graphisch dargestellt haben muß, um seine ganze Überzeugungskraft für die Folgerungen, die Goldschmidt daraus zieht, zu begreifen. Es hieße aber den Rahmen eines Referates weit überschreiten, die schon so knappen Ausführungen Goldschmidts, die durch spezielle Arbeiten erweitert werden sollen, hier im einzelnen zu besprechen. Deshalb sei nur kurz das Wichtigste angeführt.

Goldschmidt bricht mit der durchschnittlich üblichen Auffassung, daß das Nuklein der Chromosomen der alleinige Träger der Vererbung sei, entschieden, weist vielmehr den wesentlichen Anteil an den Vererbungsvorgängen Vererbungsenzymen zu, die von den als kolloidales Skelett aufzufassenden Chromosomen absorbiert und übertragen werden. Diese Enzyme regeln dann die Produktion der Hormone der definitiven Gestaltung, des Phänotypus. Je nach dem Zeitpunkt der Produktion dieser Hormone wird die endgültige Form bestimmt, wie sich das aus den Beobachtungen über Intersexualität zeigen ließ. Goldschmidt sagt zusammenfassend: „Das Massengesetz der Reaktionsgeschwindigkeiten ist eines der Grundgesetze der Vererbung.“

Damit kommt auch Cuénots, von Castle weiter ausgebaut Lehre von der Faktorenpotenz wieder zu Ehren. Multiple Allelomorphe sind verschiedene quantitative Zustände eines Faktors. So hat man es bei der Anhäufung von Pigment bei den einzelnen Rassen von *Lymantria* mit einem Vorgang zu tun, der mit verschiedener Geschwindigkeit verläuft. „Diese Geschwindigkeit aber ist der Ausdruck der verschiedenen Zustände des Pigmentierungsfaktors, die das System multipler Allelomorphe bilden.“ An sehr zahlreichen Bastardierungen wird das bestätigt und sehr geschickt graphisch (Fig. 15) dargestellt.

Aus den Untersuchungen an den geographischen Varietäten von *Lymantria* kommt Goldschmidt zu dem Schlusse, „daß quantitative Zustände eines Faktors Anpassungscharaktere sein können, die eine lebenswichtige Reaktion (hier die Geschlechtsdifferenzierung) in wichtige zeitliche Koordination zu anderen lebenswichtigen Anpassungscharakteren (hier der saisonale Zyklus) setzen. Damit bekommen diese Charaktere eine primäre Bedeutung für den Artbildungsprozeß.“ Das Gleiche wie für die Geschlechtsdifferenzierung gilt für die Pigmentierung, auch sie „ist also zweifellos kein direkter Anpassungscharakter, sie ist vielmehr ein Reaktionsprodukt“. Diese Ergebnisse

dürften eine Revision der Ansichten über die Vererbung erworbener Eigenschaften veranlassen, die die Entwicklungsphysiologie besonders schon immer dringend erforderte. Auch die Anschauungen über gewisse Gebiete der Mimikryerscheinungen dürften grundlegend zu ändern sein.

Im letzten Kapitel setzt sich *Goldschmidt* schließlich noch mit der von den extremen Erblichkeitsforschern postulierten absoluten Konstanz der Gene auseinander, die letzten Endes dahin geführt hat, als einzige Ursache der Variabilität Bastardierung und Faktorenrekombination anzunehmen. Er weist an zahlreichen Beispielen nach, daß in den quantitativen Variationen der Faktorensubstanzen das Material für Selektion liegt, was eigentlich selbstverständlich erscheint, aber doch erst wieder ausdrücklich aufgezeigt werden mußte.

Anregungen zu weiteren Forschungen in *Goldschmidt's* Sinne beschließen das Buch, an dem niemand wird vorbeigehen können, der sich ernsthaft und unvoreingenommen mit den Problemen der Evolution beschäftigt. Es zeigt so viele Einblicke und Ausblicke in das Entwicklungsgeschehen und eine so gründliche Kritik der einschlägigen Tatsachen, daß es jeder mit Bereicherung seiner Kenntnisse und Erweiterung und Vertiefung seiner Anschauungen aus der Hand legen wird.

Hervorzuheben ist die gute buchechnische Ausstattung des Werkes.

H. L. Honigmann, Magdeburg.

Parker, G. H., The elementary nervous system (Monographs on experimental Biology). Philadelphia und London 1919. 229 Seiten.

Der Begriff „Nervensystem“ ist in dieser Monographie, die den elementaren Formen nervöser Leistungen gewidmet ist, in zweckmäßiger Weise so erweitert, daß er außer den Aufnahmeorganen (receptors = Sinnesorganen, Nervenendigungen) und den Einstellungsorganen (adjustors, d. h. Nerven- oder Ganglienzellen nebst ihren Verbindungen) auch die Ausführungsorgane (effectors = Muskeln, Drüsenzellen usw.) umfaßt. Der erste Hauptabschnitt bringt den Nachweis, daß es nervöse Systeme (in diesem weiteren Sinne) gibt, die nur aus Ausführungsorganen bestehen. Das Beispiel eines Tierstammes, das nur solche allereinfachsten Systeme besitzt, liefern die Schwämme, deren Reizphysiologie in zwei Kapiteln in umfassenderer Weise dargestellt wird, als bisher irgendwo. Neben verwickelteren nervösen Systemen fehlen aber auch höheren Tieren derartig einfache, direkt reizbare Ausführungsorgane nicht, wie an dem Beispiel des Dilatorator iridis und vor allem der Herzmuskulatur verschiedener Tiere gezeigt wird. In allen diesen Systemen sind die Funktionen der Reizaufnahme, der Umformung der Erregung, der Erregungsleitung und der äußeren Reizbeantwortung in einer Zelle vereinigt. Die Übertragung des Erregungszustandes von einer Zelle zur andern wird bei Tieren meist durch Nervenfasern vermittelt. *Parker* zeigt in einem besonderen Kapitel, daß es auch bei Tieren (wie bei Pflanzen. Ref.) eine Art der Erregungsleitung gibt, die nicht durch morphologisch besonders ausgezeichnete Bahnen erfolgt, sondern durch einfache protoplasmatische Verbindungen. Solche Erregungsleitung bezeichnet er als „neuroide“ Übertragung und weist ihr Vorkommen außer bei den Schwämmen für das Flimmerepithel höherer Tiere nach.

Die weiteren Typen primitiver Nervensysteme werden ausführlich an dem Beispiel der Coelenteraten er-

läutert, nur kurze Hinweise erinnern an die große grundsätzliche Ähnlichkeit dieser Systeme mit den einfacheren Nervensystemen innerer Organe bei Wirbeltieren, z. B. den Plexus myentericus und Plexus submucosus der Darms der Säugetiere. Besonders ausführlich sind die Hydroidpolypen bearbeitet.

Als einfachster Fall nächst den isolierten Ausführungsorganen wird der Fall dargestellt, daß ein Aufnahmeorgan in unmittelbare Verbindung mit einem Ausführungsorgan tritt, wie es z. B. in den Tentakeln vieler Seeanemonen (Actinien) vorkommt. Eine große Bedeutung kommt diesem Typus nicht zu. Seine Leistungsüberlegenheit gegenüber den isolierten Ausführungsorganen liegt wesentlich darin, daß die zentralen Ausläufer der Sinneszellen nicht nur mit den Ausführungsorganen verbunden sind, sondern auch untereinander als einfachstes Netzwerk zusammenhängen, so daß ein Impuls von einer Sinneszelle auf viele Ausführungsorgane übergeleitet werden kann.

Die Grundlage für die reiche Entwicklung nervöser Zentralorgane, wie sie in dem Gehirn und Rückenmark der Wirbeltiere ihre höchste Stufe erreicht, bildet das verbreitetste Nervensystem der Coelenteraten, bei dem sich zwischen Aufnahmeorgan und Ausführungsorgan noch eine Zelle einschiebt, die Ganglienzelle genannt wird. *Parker* bezeichnet die Elemente eines Nervennetzes, in das Ganglienzellen eingeschaltet sind, als „Protoneurone“ und deutet damit ihre hohe Bedeutung für die weitere Ausgestaltung der nervösen Zentralorgane an. Die ganz diffus verteilten Nervenetze der Coelenteraten sind in ihren Leistungen noch weit entfernt von einem — selbst einfachen — Zentralnervensystem. Die Funktionen der Tiefe mit Nervenetzen sind durchaus unzentralisiert, jeder Teil besitzt in sich alle Einrichtungen, die zur Ausführung der charakteristischen Leistungen notwendig sind, gerade so wie z. B. der Darm der Säugetiere.

Die eigentümlichen Verhältnisse der Reizleitung in den Nervenetzen werden ausführlich besprochen und durch eingehende Analyse der zusammengesetzteren Reizbeantwortungen der Actinien gezeigt, daß auch sie nicht der Ausdruck einer Zentralisation der Funktionen sind.

Die Monographie beschränkt sich auf die drei niedersten Stämme der Vielzelligen, auf Schwämme, Coelenteraten und Ctenophoren, bei denen noch keine Zentralisation der nervösen Leistungen das Bild des vergleichsweise einfachen Geschehens in den primitivsten Nervensystemen verwirklicht. Den höher ausgestalteten Stämmen der Wirbellosen soll eine eigene Monographie in der Reihe der „Monographien aus der experimentellen Biologie“ von *Moore* folgen, so daß wir hier den Anfang einer größer angelegten vergleichenden Physiologie des Nervensystems vor uns haben, die um so wichtiger erscheint, als das Studium der einfachen Formen des Nervensystems beim Menschen und den Säugetieren in den letzten Jahren gewaltig an Bedeutung gewonnen hat und durch eine vergleichende Betrachtung eine wesentliche Förderung erfahren dürfte.

A. Pütter, Bonn.

Hoeßlin, Heinrich von, Das Sputum. Berlin, Julius Springer, 1921. X, 398 S. und 66 größtenteils farbige Abbildungen. Preis geh. M. 148,—; geb. M. 168,—.

Eine umfassende monographische Darstellung der Lehre vom Auswurf erfüllt ein dringendes theoretisches und praktisches Bedürfnis, wenn sie so ausgezeichnet gelingt, wie das vorliegende Werk. Mit einer wohl von keiner anderen Bearbeitung zurzeit erreichten

Vollständigkeit werden die mannigfaltigen Untersuchungsmethoden und deren Ergebnisse dargelegt und ihre Bedeutung für die Pathologie und Diagnose kritisch abgewogen. So wird und muß das Werk dazu beitragen, das in der letzten Zeit durch andere Forschungsrichtungen abgeschwächte Interesse an diesem Exkret neu zu beleben.

Dies gilt natürlich in erster Reihe von dem praktischen Wichtigen, wie namentlich der bakteriologischen und zytologischen Diagnostik aus dem Sputum. Aber auch Abschnitte wie der über die Rolle des Sputums in der Gesamtbilanz des Organismus weisen auf die Bedeutung der Sputumuntersuchung für die allgemeine Pathologie hin, ebenso wie die bisher allerdings noch spärlichen Mitteilungen über das Auftreten von Antikörpern im Auswurf.

Die Abbildungen sind von großer Schönheit und Klarheit; bei der Strahlenpilzerkrankung, deren praktische Bedeutung offenbar leider zunimmt, werden solche von den Lesern recht vermißt werden.

A. Lazarus, Berlin-Charlottenburg.

Graebner, Paul, Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten. Berlin, Paul Parey, 1920. VII, 333 S. und 244 Textabbildungen. Preis M. 43,— + Teuerungszuschlag.

Dieses Werk ist eine Neuschöpfung, die der Verf. vor seiner Neubearbeitung des ersten Bandes von *Sorauers* Handbuch der Pflanzenkrankheiten herausgegeben hat, nachdem er schon lange ihre Notwendigkeit erkannt hatte. Während das Handbuch den gesamten Stoff zusammenstellt, bietet das Lehrbuch in kürzer Form das Wesentliche zur Kenntnis der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten und ihrer Ursachen.

Es behandelt in einem einleitenden Kapitel die Geschichte der Pflanzenpathologie, geht dann auf das Wesen und die allgemeinsten Ursachen der Krankheit ein und beschäftigt sich kurz mit dem Einfluß des Standorts im großen. Dabei treten interessante Berührungspunkte mit der ökologischen Pflanzengeographie hervor, wie die Erscheinung der Bodenmüdigkeit, dann die Exposition und Höhenlage und die klimatischen Verbreitungsgrenzen.

Bei der Besprechung der Krankheiten werden zuerst die durch den Boden bedingten behandelt. Die verschiedensten Wirkungen luftarmer Böden und die Möglichkeiten ihrer Entstehung werden vorgeführt und Mittel zur Abhilfe angegeben. Dabei sind wie in dem ganzen Buche die Verhältnisse in der freien Natur, auf den Äckern, in Gärten, im Zimmer und in den Straßen der Städte gleichmäßig berücksichtigt und durch lehrreiche Bilder, z. T. aus dem Urwald von Bialowies, erläutert.

Der Luftarmut folgt der Wasser- und Nährstoffmangel und sein Einfluß auf Wurzeln, Blätter, Blüten und Früchte. Hier werden u. a. die Rote und die Schütte und die Entstehung kernloser Früchte erwähnt.

Auch der Überschuß an Wasser und Nährstoffen wird in seinen Wirkungen auf Saaten und Bäume vorgeführt, und die zahlreichen Verbildungen an Sprossen, Blütenständen usw., die daraus entstehen, werden behandelt und abgebildet. Dabei wird auch auf die Überdüngung mit bestimmten Düngemitteln eingegangen.

Von den klimatisch bedingten Erkrankungen werden zuerst die epidermalen Schädigungen durch zu feuchte und die Störungen durch zu trockene Luft und durch Winde in den verschiedenen Organen gezeigt, dann die zahlreichen der Kälte zuzuschreiben-

den Erscheinungen in einem umfangreichen Abschnitt kritisch beleuchtet.

Auch Reaktionen von Keimpflanzen, Blättern, Blüten und Früchten auf einen gefährlichen Überschuß an Wärme findet man behandelt und dabei Erfahrungen im Treibhause mitgeteilt.

Ein kurzes Kapitel befaßt sich ferner mit den meist weniger auffälligen Schäden durch ungeeignete Lichtverhältnisse.

Natürlich gehört auch die Vernarbung mechanischer Wunden hierher. Sie wird nach den verschiedenen Ursachen besprochen: mehrere Arten von mutwilliger Zerstörung durch Menschenhand, außerdem solche durch Blitzschlag, Sturm und Schneebruch. Die Grundlage wichtiger gärtnerischer Eingriffe, das Anwachsen der Stecklinge und die Verbindung des Edelreises mit seiner Unterlage bei allen einzelnen Arten der Veredelung, findet man ausführlich mit anatomischen Zeichnungen erläutert. Auch die in der Natur vorkommenden Verwachsungen von Bäumen sind nicht übergangen.

Schließlich ist noch von nachteiligen Erfahrungen mit einigen Chemikalien, die zur Schädlingsbekämpfung dienen sollen, die Rede und von den Wirkungen des Leuchtgases und anderer gefährlicher Stoffe der Städte. Auch auf das Verhalten der Pflanzen zum Kochsalz wird dabei eingegangen.

Das Schlußkapitel ist den für enzymatisch erklärten Krankheitsfällen gewidmet und beschäftigt sich mit der Buntblättrigkeit, der Mosaikkkrankheit des Tabaks, der Serehkrankheit des Zuckerrohrs und eingehender mit dem Harz- und Gummifluß vieler Bäume.

Fr. Markgraf, Berlin-Dahlem.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Die große Bedeutung des Coffeins als Bestandteil eines unseren gebräuchlichsten Genußmittel und als eines sehr wichtigen Arzneimittels ist ja bekannt. Trotzdem ist über sein Verhalten im Tierkörper bisher eigentlich nur Qualitatives festgestellt worden. Man wußte, daß es entmethyliert wird, und daß bezüglich dieser Entmethylierung Unterschiede bei den verschiedenen Tierarten bestehen. Es ist das große Verdienst von W. Straub, Freiburg i. Br., hier durch seinen Schüler E. Friedberg Aufklärung zu bringen, und zwar mit Hilfe einer neuen Methode, und zwar einer biologischen, wie solche ja schon öfters bisher gerade von Straub zur Feststellung quantitativer Verhältnisse erdacht worden sind.

Die neue Methode gründet sich auf eine pharmakologische Eigenschaft des Coffeins, die schon über ein halbes Jahrhundert bekannt ist, die aber auch schon zu mannigfachen Kontroversen geführt hat. Der große Münchener Physiologe E. Voit erwähnt als erster in seiner Jugendarbeit jene eigentümliche Beobachtung, daß bei Fröschen nach Coffein maximale Verkürzung und Starre der Muskeln eintritt, die sich auch am Zupfpräparat von Muskelfasern mikroskopisch beobachten läßt. Dieser Befund wurde dann vielfach angezweifelt, da andere Physiologen nach Coffein am Frosch Totenstarre auftreten sahen, bis der kürzlich heimgegangene O. Schmiedeberg die Aufklärung hierfür brachte und zeigte, daß Temporären und Esculenten sich verschieden verhalten, wie neuere Arbeiten gezeigt haben, vermutlich infolge der Verschiedenheit ihrer Sarkolemmhüllen. Physiologisch ist diese Erscheinung, die in ähnlicher Weise auch

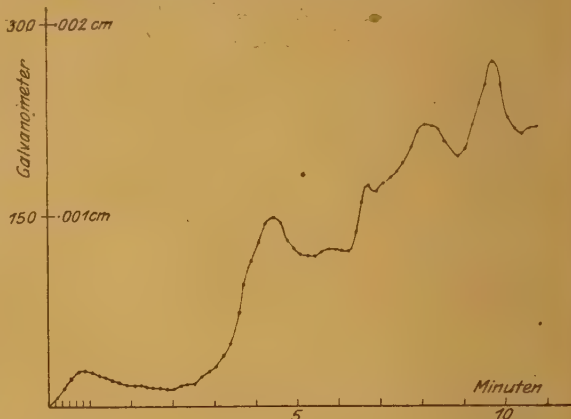
am Warmblüter demonstriert werden kann, von großer Bedeutung, da ja die Wirkung des Coffeins gegen die *Ermüdung* nicht nur vom Zentralnervensystem aus bedingt ist, sondern, wie *Mosso* gezeigt hat, auch auf einer günstigen Beeinflussung der Muskeln selbst beruht. Diese Beeinflussung des Muskels verwendet nun *E. Friedberg*, um in dem mit Chloroform extrahierten Harn die Coffeinausscheidung festzustellen. Da es ihm damit gelingt, bis herab zu $\frac{7}{100}$ mg Coffein nachzuweisen, war schon nach Einnahme von 10 mg Coffein die Reaktion im Harn zu erkennen. Wenn auch die Reaktion insofern nicht ganz spezifisch ist, als sie nicht nur für das Coffein (das Trimethylxanthin) selbst gilt, sondern ebenso für Dimethylxanthine (Theobromin und Theophyllin) und für die Monomethylxanthine, so erhalten wir doch gerade über die Ausscheidungsverhältnisse des Coffeins damit einen guten Überblick. Es zeigt sich, daß die Niere Coffein in möglichst niedrigen Konzentrationen ausscheidet, die Werte sind daher in den einzelnen Harnportionen bei Trockenkost am höchsten, bei starker Diurese am niedrigsten, und je wasserreicher der Organismus ist, um so mehr können schon kleine Dosen eine diuretische Wirkung hervorrufen.

Von sonstigen Resultaten verdient vielleicht noch folgende Tatsache besonderes Interesse: die Resorption des Coffeins ist bei subkutaner Injektion auffallenderweise schlechter als bei peroraler Darreichung, dagegen wird das Coffein schnell und ziemlich vollständig resorbiert, wenn es durch Rauchen coffeinhaltiger Zigarren oder Zigaretten dem Organismus zugeführt wird. Bei Genuß solcher in England gebräuchlicher Teezigaretten trat auch bei Trockenkost sofortige deutliche diuretische Wirkung ein, und quantitative Versuche ergaben, daß die Resorption im Rauchen besonders schnell vonstatten geht. Auffallend schnell geschieht die Ausscheidung des Coffeins. Offenbar ist auch der Organismus für den Abbau über die Stoffe der Methylxanthine hinaus besonders gut eingerichtet, und dem entspricht auch, daß eine Gewöhnung, etwa wie sie beim Morphin so bekannt ist, beim Coffein nicht eintritt. Die Ausscheidung war bei Kindern, die vorher niemals Coffein in reiner Substanz oder zum Genuß erhalten hatten, ungefähr genau die gleiche, wie bei Menschen, die seit Jahren an Coffein als Genußmittel in größeren Dosen gewöhnt waren. S.

Observations of Plantgrowth with the Recording Ultramicrometer. (*John Dowling*, *Nature*, 1921.) Bis vor wenigen Jahren waren nur verhältnismäßig grobe Methoden bekannt, um das Wachstum von Pflanzenorganen zu messen und über längere Zeiträume hin zu registrieren. Erst in neuerer Zeit wurden von dem indischen Gelehrten *Sir J. C. Bose* eine Anzahl von — größtenteils optischen — Methoden beschrieben, die ein sehr viel feineres Beobachten dieser Vorgänge erlaubten. Nun ist von *John J. Dowling* ein „Ultramikrometer“ konstruiert worden, das außerordentlich kleine Verschiebungen sehr genau zu messen gestattet und anscheinend auch zum Studium der Wachstumsvorgänge mit Erfolg verwandt werden kann. *Dowling* berichtet in der vorliegenden kurzen Mitteilung über derartige Versuche, die in Gemeinschaft mit *Miß Cannon* und *Mr. Saunders* ausgeführt wurden.

Das „Ultramikrometer“ besteht im wesentlichen aus einem von zwei horizontalen Aluminiumplatten gebildeten Luftkondensator, dessen untere Scheibe mikrometrisch verstellbar ist, während die obere leicht beweglich von einer dünnen Stahlfeder in ganz geringem Abstand (0,1 mm) davon gehalten wird. Dieser Kon-

densator ist mit einem Röhrensenser und einem Galvanometer verbunden, dessen Ausschlag mit dem Abstand der beiden Aluminiumplatten wechselt. Mit Hilfe der Mikrometerschraube läßt sich der Apparat eichen; eine Verschiebung von $\frac{1}{1000}$ cm (10 μ) ergab z. B. in den angeführten Versuchen einen Ausschlag von 150 Skalenteilen. Die Empfindlichkeit läßt sich jedoch nach oben und unten in weiten Grenzen variieren.



Der wachsende Pflanzenteil drückt leicht gegen einen hölzernen Arm, der an der oberen Aluminiumplatte befestigt ist, und ändert dabei den Abstand der beiden Platten nach Maßgabe seines Wachstums. Als Beispiel wird die hier wiedergegebene Kurve angeführt, die von einer 4 Tage alten Wurzel der Saubohne (*Vicia faba*) gewonnen wurde. Man sieht deutlich die kurzdauernden Oszillationen des Längenwachstums, die auch in den Kurven von *Bose* zum Ausdruck kommen.

P. Metzner.

Über die oligodynamischen Erscheinungen bei pflanzlichen Organismen. Als oligodynamische Erscheinungen bezeichnete *Nägeli* 1893 die Absterbevorgänge, die sich einstellen, wenn die Zellen der Fadenalge *Spirogyra* durch minimale Kupferkonzentrationen zum Absterben gebracht werden, und die sich darin äußern, daß die Chlorophyllbänder sich um den verquellenden Kern zusammenballen, ohne daß das Plasma zunächst eine Schrumpfung erleidet. Die Berührung des Leitungswassers mit dem Messinghahn und der vorübergehende Aufenthalt einer Kupfermünze im Wasser genügt, um einem Gefäß selbst nach wiederholtem Ausspülen oligodynamische Wirksamkeit zu verleihen. Über die Ursachen der oligodynamischen Erscheinungen wurden die verschiedensten Meinungen geäußert; man dachte an Enzymwirkung und an Strahlungen, die vom Kupfer ausgehen sollten. Am einleuchtendsten war die Auffassung von *Pfeffer*, wonach die in der Flüssigkeit in äußerst geringer Menge vorhandenen Cu-Ionen von der lebenden Zelle analog gewissen Farbstoffen gespeichert werden, bis die letale Grenze erreicht wird. Diese Deutung wurde in neuester Zeit von *Drechsel* (*Centrbl. f. Bakt.*, 2. Abt., 53, 1921) bestätigt. Seine Versuche erstreckten sich auf Fadenalgen (*Spirogyra*, *Conferva*) und auf Wurzeln und Wurzelhaare von *Trianea*, *Azolla* und *Lemna*. Die Lösungen, welche die behandelten Objekte enthielten, wurden z. T. ruhig aufgestellt, z. T. andauernden leichten Erschütterungen ausgesetzt. Falls wirklich die Speicherung auf dem Wege der Diffusion das auslösende Agens war, mußte im zweiten Falle eine verstärkte Wirkung eintreten, da hier das Diffusionsgefälle durch die ständigen Erschütterungen stets wieder ausgeglichen wurde, während im ersteren Fall in der

Nachbarschaft der Zellen ein Mangel an den entsprechenden Ionen eintreten mußte, der die weitere Aufnahme hemmte. Tatsächlich ergaben die Versuche in allen Fällen, daß die Schüttelversuche zu einem raschen Ergebnis führten, und daß es minimale Konzentrationen gab, bei denen eine Wirkung bloß bei zitternder Aufstellung erzielt wird. So erwiesen sich Spirogyrazellen in 1 : 100 000 000 Cu bei ruhiger Aufstellung nach 24 Stunden noch lebend, während sie im Schüttelversuch schon nach 4 Stunden abgestorben waren. Werden sukzessiv verschiedene Fäden eingetaucht, dann nimmt die Wirkung mehr und mehr ab, entsprechend dem Umstand, daß der Lösung immer mehr Kupfer entzogen wird. Eine Berechnung ergab, daß noch eine Menge von $\frac{1}{100\,000}$ mg Cu genügt, um einen Spirogyrafaden abzutöten. Da aber ein solcher Faden bloß ca. 0,5 mg wiegt, so beträgt die letale Dosis doch noch $\frac{1}{50\,000}$ des Körpergewichts, ein Verhältnis, das noch größer ist als entsprechende Giftdosen beim Menschen, wenn sie ebenfalls auf das Körpergewicht berechnet werden. Zwischen der Giftkonzentration und der Abtötungszeit besteht umgekehrte Proportionalität. Es gibt indes eine untere Grenze, von der an eine Schädigung ausbleibt auch bei dauernder Einwirkung. „Ist die Verdünnung zu groß, so wird die durch den Giftreiz im lebenden Organismus bedingte selbstregulatorische Entgiftungsreaktion stets die Oberhand haben, und es infolgedessen bloß zu einem Stimulationseffekt kommen.“ Versuche mit anderen Schwermetallen führten zu demselben Bild, nur daß die Resistenz hier etwas größer ist. So werden von Spirogyra etwa die vierfachen Mengen von Quecksilber vertragen und noch größer ist die Widerstandskraft gegen Gold, Kadmium und Kobalt. Silber wirkt sogar in 0,5prozentiger Lösung noch unschädlich. Weiterhin wurden dann die Erfahrungen auf Farbstoffe und Alkaloide ausgedehnt, ebenfalls mit demselben Erfolg. Das Arbeiten mit giftigen Farbstoffen (Methylenblau, Methylviolett usw.) hat den Vorzug, daß man hier die Speicherung direkt beobachten kann. Die Alkaloide treten hinsichtlich ihrer Wirkung hinter den Metallen und den Farbstoffen zurück. „Namentlich die ganz speziellen, wie die Herzgifte Atropin und Digitalein, die bei Menschen nur in kleinsten Dosen angewandt werden können, schaden nur in sehr starker Konzentration.“ Insgesamt betrachtet zeigen die Versuche deutlich, daß bei der Oligodynamie die Gifte nicht analog den Fermenten wirken, also katalytisch, unabhängig von der vorhandenen Menge, sondern, daß es sich um eine Massenwirkung handelt, die auf allmählicher Speicherung bis zur tödlichen Konzentration beruht.

Wundhormone als Erreger von Zellteilungen.
Haberlandt, der sich schon seit längeren Jahren mit den Zellteilungsvorgängen bei isolierten Fragmenten pflanzlicher Gewebe beschäftigt, ist in neuester Zeit wieder zu sehr bemerkenswerten Ergebnissen gelangt (Beiträge zur allgem. Botanik II, 1921). Es zeigte sich, daß diese Teilungsvorgänge vielfach ausgelöst werden durch Stoffe, die in den absterbenden Zellen an der Wundfläche gebildet werden und die *Haberlandt* als Wundhormone bezeichnet. Das ergab sich zum Beispiel aus folgendem Versuch mit kleinen Scheibchen aus Kohlrabiknollen: ein Teil der Scheibchen wurde nicht weiter behandelt, bei einem zweiten Teil wurde die Wundfläche sorgfältig mit Wasser abgespült, um den Inhalt der angeschnittenen Zellen zu entfernen, bei einem dritten Teil wurde auf die abgespülte Schnittfläche der Brei von zerriebenem Gewebe, der

natürlich ebenfalls die „Wundhormone“ enthalten mußte, gestrichen. In Fall I und III traten sehr zahlreiche Zellteilungen am Wundrand auf, in Fall II nur ganz wenige. Bei entsprechenden Versuchen mit Kartoffelfragmenten war eine solche Staffelung nicht zu verzeichnen; das liegt offenbar daran, daß das Kartoffelgewebe sehr viele Luftkanäle (Interzellularen) enthält, in denen der beim Schneiden austretende Zellinhalt kapillar festgehalten wird, so daß das Abspülen wirkungslos ist. An das Verhalten der Kohlrabiknollen schlossen sich die Blattfragmente von *Peperomia* an, während die ebenfalls interzellularenreichen Gewebepartikelchen von *Crassulaceen*blättern denselben negativen Befund wie die Kartoffelscheibchen ergaben. Doch gelangte *Haberlandt* hier auf einem anderen Wege weiter. Blätter wurden nicht zerschnitten, sondern zerrissen, und es zeigte sich, daß dabei die Zellen an der Trennungsfläche meistens intakt bleiben. Stellt man nun 2 Vergleichsserien her, derart, daß man in einen Fall die Trennungsfläche unverändert läßt, im anderen dagegen die Zellen mit dem Rasiermesser tangential anschneidet, so bleiben bei I Teilungen fast vollständig aus, während bei II in der Nachbarschaft der Wundfläche zahlreiche Wandbildungen auftreten; hier waren ja die Bedingungen für die Bildung von Wundhormonen gegeben. Man kann diese Vorgänge aber auch an den nicht angeschnittenen Rißflächen erzielen, wenn man sie mit Extrakt zerriebenen Blattgewebes überstreicht. Das Arbeiten mit solchem Extrakt gibt uns ein Mittel in die Hand, die Artspezifität der Wundhormone zu untersuchen. Es wurde mit Gewebesafte von *Bryophyllum*, *Echeveria*, *Crassula*, *Sedum* und *Sempervivum* gearbeitet, und es trat zumeist auch bei gattungsfremden Kombinationen ein Erfolg zutage. Die Wundhormone sind also nicht gattungseigen; dagegen sind die Gewebesäfte anderer Familien meist ganz wirkungslos. Im Anschluß daran wurde auch das Verhalten von Pflanzenhaaren bei Verletzungen untersucht. Als Objekte dienten die Gattungen *Coleus*, *Saintpaulia* und *Pelargonium*. Die Haare wurden entweder angeschnitten, gerieben oder gebürstet. Es traten dann in der Nachbarschaft der verletzten Haarzellen Teilungen auf, so daß vielfach eine Zelle völlig gekammert erschien, und die Wände standen häufig senkrecht zur Diffusionsrichtung des eindringenden Zersetzungsprodukts. Ähnliche Beziehungen hat auch *Nemec* bei der Auslösung von Kernteilungsvorgängen durch Verwundung gefunden. Auch hier weisen die Teilungsspindeln eine ganz bestimmte Orientierung auf. Interessant sind die Erscheinungen, die zutage treten, wenn *Pelargonium*blätter mit einer Bürste leicht gerieben werden. Da treten dann an der Basis der verletzten Haare ringsum keulenförmige, mehrzellige Wucherungen auf, die an *Erineumgallen* erinnern. Das legt, wie auch andere Analogien, die Vermutung nahe, daß bei der Gallenbildung Wundhormone eine Rolle spielen. Der Anlaß zu einer Verletzung ist hier ja immer gegeben. Der Erfolg des Bürstens zeigt sich nicht bloß bei den Haaren. Wird ein Teil der Epidermis weggebürstet, dann entstehen auch in den darunter liegenden Zellen Teilungen, aber bloß dort, wo die geschädigten Epidermiszellen haften geblieben sind, wo also noch Wundstoffe austreten können. Am Schluß bringt *Haberlandt* noch einige theoretische Erörterungen, die sich an die Versuche anschließen. So spricht er die Vermutung aus, daß die pflanzliche Parthenogenese vielleicht bedingt ist durch das Austreten von Wundhormonen aus den absterbenden Synergiden. Bekannt

ist ja, daß durch mechanische Eingriffe, die eine Verletzung nach sich ziehen, Parthenogenese experimentell erzielt werden kann — sowohl im Pflanzenreich als auch im Tierreich. Ja, sogar bei der normalen Befruchtung könnten die Wundhormone eine Rolle spielen, da ja das Eindringen des Pollenschlauchs oder des Spermatozoums stets eine Verletzung bedingt. Doch das ist vorläufig bloß eine Arbeitshypothese, die allerdings zu neuen Experimenten anzuregen vermag.

Beiträge zur Physiologie kalkfeindlicher Gewächse (Walter Mevius, Jahrb. f. wiss. Bot. 60, 1921.) Die von Unger aufgestellte Gliederung der Gewächse in Kalk- und Kieselpflanzen hat mannigfache Diskussionen ins Leben gerufen, worauf das gegensätzliche Verhalten der verschiedenen Florenelemente dem Kalkgehalt des Bodens gegenüber zurückzuführen ist. Nach der hauptsächlich von Thurmann vertretenen Ansicht würde diese Sonderung zurückzuführen sein auf die verschiedene physikalische Beschaffenheit der Kalk- und Kieselböden, und das gegenseitige Verhältnis von Kalk- und Kieselpflanzen entspräche einigermaßen dem von Xerophyten und Hygrophyten (Kalkböden trocken — Kieselböden feucht). Nach der chemischen Theorie (Sendter, Werner usw.) dagegen würde der Kalk als solcher auf manche Gewächse giftig wirken und sie damit von den Kalkböden fernhalten. Beide Theorien haben bis jetzt noch kein widerspruchsfreies Bild zu zeichnen vermocht, so daß ein abschließendes Urteil noch nicht möglich ist.

Deshalb ist es von Bedeutung, daß Mevius im Anschluß an frühere Versuche von Paul einen neuen Gesichtspunkt in die Diskussion bringt. Auch er neigt einer chemischen Deutung zu, aber nach ihm meiden die Kieselpflanzen den Kalkboden nicht wegen des Calciums, sondern wegen der im Kalkboden auftretenden OH-Ionen. Er wählte als Versuchsobjekte 3 ausgeprägte Kieselpflanzen: Sphagnum, Pinus Pinaster und Sarothamnus scoparius (Besenginster). Bei allen 3 Gattungen zeigte sich übereinstimmend, daß Nährlösung mit höherer Menge von CaCO_3 schädlich wirkt und schließlich Absterben verursacht. Dagegen sind andere Ca-Verbindungen, wie CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ und CaSO_4 unschädlich. Es kann also nicht das Ca-Ion sein, auf das die schädigende Wirkung zurückgeht. Damit war die Deutung nahegelegt, daß die alkalische Reaktion der CaCO_3 -Böden für den Erfolg verantwortlich gemacht werden muß. Diese Auffassung erhält eine Stütze dadurch, daß K_2CO_3 und Na_2CO_3 , die ebenfalls OH-Ionen frei machen, genau so wirken wie CaCO_3 , während die sauren Karbonate NaHCO_3 und KHCO_3 unschädlich sind. Paul hat in seinen früheren Versuchen der Meinung Ausdruck verliehen, daß die schädigende Wirkung der OH-Ionen auf der Neutralisation bestimmter Säuren beruht, die von den Sphagnumpflanzen ausgeschieden werden und mit der Aufschließung der Nährstoffe im Substrat im Zusammenhang stehen sollen. Da aber eine solche Säureproduktion überhaupt noch nicht einwandfrei festgestellt ist, neigt Mevius der Ansicht zu, daß die OH-Ionen an sich schädigend wirken. Es bedarf noch weiterer Untersuchungen, um darüber Klarheit zu erhalten, ob man von dieser Warte aus eine völlige Lösung des Kalkpflanzenproblems erhält, vielleicht liegt aber die Situation — wie so häufig — derart, daß jede Theorie einen wirksamen Teilfaktor herausgegriffen hat und daß eine gänzliche Klärung erst bei einer Berücksichtigung der gesamten Milieubedingungen zu erwarten ist.

Studien über die Periodizität der Zellteilung. (Stalfelt, Kgl. Sv. Vet. Ak. Handl. 62, 1921.) Dafür, daß die Frequenz der Zellteilungen wie viele andere physiologische Vorgänge einem tagesperiodischen Rhythmus unterworfen ist, sprechen schon die Beobachtungen zahlreicher früherer Autoren. So wurde vor allem bei den Algen festgestellt, daß die Kernteilungen in der Regel die Nachtstunden bevorzugen. Weniger ausgeprägt scheint diese Beziehung bei den Geweben der höheren Pflanzen zu sein. Indes gelang es doch Karsten, bei den Sprossen von Zea und Pisum eine ausgesprochene Tagesperiode zu konstatieren: so zeigte die Erbse ein Maximum der Zellteilung in der Nacht von etwa 11 Uhr an, der Mais ein solches um 4 Uhr nachts. Im Gegensatz zu Kollikot und Friesner, die bei Wurzeln ein dreifaches Oszillieren während 24 Stunden beobachteten, konnte dagegen Karsten für seine Objekte keinerlei Tagesperiode bei den Wurzeln aufdecken. Die Wurzeln verhielten sich also gegensätzlich zum Sproß, und Karsten bringt dies damit in Zusammenhang, daß die Wurzeln dem Rhythmus von Licht und Dunkel entzogen sind. Um die Beziehung zwischen Licht und Kernteilung zu klären, stellte Karsten mit den Sprossen besondere Versuche an. Er fand, daß bei Dauerbelichtung die Periodizität abgeschwächt erscheint, während bei inverser Beleuchtung (nachts hell, tags dunkel) zwei Kulminationspunkte auftreten, nach seiner Deutung deshalb, weil bei einem Teil der Objekte die Periode inhärent geworden ist, während andere noch auf eine Veränderung des äußeren Faktors zu reagieren vermögen. Entsprechende Versuche mit der Grünalge Spirogyra zeigten, daß bei inverser Belichtung zunächst die Teilungen still stehen, dann hauptsächlich am Tage (statt nachts!) und schließlich ohne ausgeprägtes Maximum während der ganzen Zeit erfolgen. Dies führte Stalfelt zu der Vermutung, daß das Licht doch nicht der einzige ausschlaggebende Faktor sein kann, eine Annahme, die durch die Beobachtungen Stoppels über die photonastischen Reaktionen der Blüten und die Romells über die Periodizität des Blutens der Pflanze eine Stütze erhält. Seine Untersuchungen wurden in sehr großem Stile angestellt, indem er bei Längsschnitten von Pisumwurzeln, die zu verschiedenen Tageszeiten fixiert waren, möglichst viele Zellen nach ihrem Teilungszustand untersuchte. Er konnte zunächst im Gegensatz zu Karsten feststellen, daß auch dauernd verdunkelte Wurzeln eine ausgesprochene Tagesperiode aufweisen mit einem deutlichen Maximum bei 9—11 Uhr tags und einem Minimum bei 9—11 Uhr nachts. Bei 12stündigem Wechsel von Licht und Dunkel traten wie bei Karsten zwei Maxima und Minima auf, die in derselben Weise zu erklären sind. Eine Beziehung zwischen Kernteilung und Streckungswachstum wurde nicht ermittelt. Weiterhin untersuchte Stalfelt den Zusammenhang zwischen der Kernteilungsgeschwindigkeit und verschiedenen äußeren Faktoren (Temperatur, O- und N-Gehalt der Luft, galvanischer Strom, Verwundung usw.). Es ergab sich zweierlei: erstens die Zellteilungsgeschwindigkeit bleibt im allgemeinen gleich oder wird herabgesetzt, vor allem in Stickstoff. Eine Ausnahme bildete bloß der galvanische Strom, der eine Beschleunigung verursachte. Zweitens: der Kernteilungsverlauf wird in seinen einzelnen Etappen verändert; die Meta- und Telophasen erleiden im Vergleich zu den Prophasen und Anaphasen ganz allgemein eine Beschleunigung.

Peter Star

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 41. (Seite 801—838)

14. Oktober 1921.

Neunter Jahrgang.

DIE PATHOLOGIE

ALS

BIOLOGISCHE WISSENSCHAFT

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 1/2 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Gross-Schmetterlinge der Erde

von Prof. Dr. Ad. Seitz. (225 II)

Die Palaearkten sind vollständig.

Bd. I Tagfalter kostet	gebunden 140 M.
„ II Spinner u. Schwärm.	„ 120 „
„ III Eulen	„ 130 „
„ IV Spinner	„ 110 „

Zur **Erleichterung der Anschaffung** liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an

HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Virchows Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin. Herausgegeben von Otto Lubarsch. Erscheint in zwanglosen, einzeln berechneten Heften, die zu Bänden von 30—40 Bogen vereinigt werden.

Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. Organ für die gesamte kausale Morphologie. Herausgegeben von Dr. Dr. Wilhelm Roux, o. ö. Professor der Anatomie in Halle a. S. Erscheint in zwanglosen, einzeln berechneten Heften.

Zeitschrift für die gesamte Anatomie. Herausgegeben von E. Kallius, J. Tandler, H. Braus. Fortsetzung der anatomischen Hefte, begründet von Fr. Merkel und R. Bonnet, des Archivs für Anatomie, herausgegeben von W. v. Waldeyer-Hartz und der Zeitschrift für angewandte Anatomie und Konstitutionslehre, herausgegeben von J. Tandler, und der Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Begründet von Fr. Merkel und R. Bonnet. Erste Abteilung: **Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte.** Herausgegeben von Erich Kallius-Heidelberg und Hermann Braus-Würzburg. Zweite Abteilung: **Zeitschrift für Konstitutionslehre.** Unter Mitwirkung von F. Chvostek-Wien und F. Martius-Rostock, herausgegeben von Julius Tandler-Wien. Dritte Abteilung: **Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte.** Unter Mitwirkung von F. Heiderich-Bonn, herausgegeben von Erich Kallius-Heidelberg. (Jede dieser Abteilungen ist einzeln im Buchhandel zu beziehen. Sie erscheinen im gemeinsamen Verlage der Firmen J. F. Bergmann in München und Julius Springer in Berlin in der Ausstattung der früheren „Anatomischen Hefte“.)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

14. Oktober 1921.

Heft 41.

DIE PATHOLOGIE

ALS

BIOLOGISCHE WISSENSCHAFT

Inhalt:

	Seite
Werden und Wege der Pathologie. Von <i>Karl Schmiz, Bonn</i>	803
Zur Konstitutions- und Dispositionslehre. Von <i>O. Lubarsch, Berlin</i>	812
Geschwülste. Von <i>Max Borst, München</i>	819
Entzündung. Von <i>M. Löhlein, Marburg</i>	830
Zellentartung und Zelltod. Von <i>R. Röfle, Jena</i>	834

Der Oktober 1921 bringt zwei Tage der Erinnerung für die Pathologie; am 13. Oktober sind hundert Jahre vergangen, seit *Rudolf Virchow* geboren wurde, und am 22. Oktober vollendet der Senior der deutschen Pathologen *Felix Marchand* sein fünfundsiebzigstes Lebensjahr. „Die Naturwissenschaften“ können an ihrem Teil zur Ehrung der beiden Forscher am besten dadurch beitragen, daß sie durch eine Reihe von Aufsätzen zeigen, wie sich die Pathologie zu einer biologischen Wissenschaft entwickelt hat; denn wenn wir vom naturwissenschaftlichen Standpunkte aus die Wirksamkeit *Virchows* und *Marchands* mit einem Satze kennzeichnen wollen, so dürfte dieses wohl die einfachste Formel sein, auf die wir ihr Lebenswerk bringen können.

Werden und Wege der Pathologie.

Von Karl Schmiz, Bonn.

„So also ist der historische Weg der Pathologie: Die Erkenntnis zahlloser, einzelner Erkrankungen, die spezielle Pathologie, ist der Krankheitslehre, der allgemeinen Pathologie, vorausgegangen.“ Dieser summarische Überblick steht in der Einleitung von *Cohnheims* berühmter „Allgemeine Pathologie“ (1877). Aber ehe noch spezielle Pathologie einsetzen konnte, mußte doch schon eine große Beobachtungstätigkeit und eine bedeutende Gedankenarbeit geleistet sein.

Unsere Pathologie hat ihre Wurzeln im griechischen Altertum, ja, sie dringen über dieses hinaus bis in unbekannte Frühzeiten der Menschheit. Diese Frühzeiten haben Grundbegriffe geformt und auf uns vererbt, von größter, heute noch unerschöpfter Fruchtbarkeit. Wer sich mit Pathologie beschäftigt, stößt immer wieder auf den Begriff „Krankheit“ selbst, wie er uns schon in den ältesten literarischen Zeugnissen der Menschheit entgegentritt. Das Große in diesem Begriffe ist die Annahme einer *Gesetzlichkeit* im Auftreten und Ablaufen von Störungen, die darin liegt, daß immer ein fester „Prozeß“ erwartet wird. In der geistigen Einstellung, die dieser Erwartung entspricht, liegt die Voraussetzung für die Wissenschaftlichkeit aller späteren Medizin. Daß es sich aber hier um eine geistige Leistung und nicht um die Aufnahme natürlicher Realitäten handelt, das bemerken wir sogleich, wenn wir darauf achten, wie immer ein Streit der Meinungen entsteht, wenn neue Krankheiten gegen alte abgegrenzt werden sollen, wir bemerken es in dem Tadel, daß ein schlechter Arzt „Krankheiten“ statt kranker Menschen behandelt habe. Die Eigengesetzlichkeit krankhaften Geschehens, deren Wurzel wir soeben in dem primitiven Begriff Krankheit gefunden haben, ist von den Ärzten im Wechsel der Zeiten bisweilen übertrieben betont worden. Dann hat man den Charakter der Abstraktion vergessen und sich vorgestellt, die Krankheit wüte, wie ein parasitisches Tier, mit eigenem, fremdem Leben in dem befallenen Organismus und richte ihn zugrunde. Die medizinische Logik tadelt eine solche Übertreibung als ontologische Auffassung der Krankheit; traditionell pflegt man zu sagen, daß die Schule des jungen *Schönlein* (etwa um 1830) sich dieses Fehlers zuletzt schuldig gemacht habe, aber tatsächlich sind manche pathologischen Anatomen und Bakteriologen der jüngsten Vergangenheit der gleichen Versuchung erlegen.

Der Grundlehre von der Eigengesetzlichkeit des krankhaften Geschehens haben schon die hippokratischen Ärzte, Griechen des 4. Jahrhunderts v. Chr., eine andere Erkenntnis gegen-

übergestellt, durch die sie zugleich ergänzt und beschränkt wird. Das ist die *Individuation*, die Lehre von jenem Eigenrechte des Einzelwesens, das bewirkt, daß die krankhaften Vorgänge niemals starr typisch verlaufen, das vielmehr die Vorgänge in eine bestimmte Richtung positiver oder negativer Natur abdrängt, das den Ablauf zu beeinflussen scheint. In der Erkenntnis und der Einschätzung der Individuation liegt die Wurzel der Kunst in der Medizin: Das Gebiet dieser höchsten Komplikation erschließt sich eben nicht der wissenschaftlichen Betrachtung, der lückenlosen Induktion, sondern nur der gefühlsgeleiteten, sprunghaften Erfassung der Fingerzeige der Natur, der prärogativen Instanzen!

Zwischen den scheinbar unvereinbaren Gegensätzen eines Eigenrechtes des Krankheitsverlaufs und eines Eigenrechtes des Einzelwesens vermittelt der Begriff der *Konstitution*, der die Brücke mit der Aufstellung individueller Reaktionstypen gegenüber den krankhaften Vorgängen zu schlagen versucht. Der Konstitutionsgedanke, der gerade zurzeit wieder einen aussichtsreichen Lichtschein in die Medizin entsendet, ist ein Geschenk des griechischen Altertums, in dem ihn *Galen* besonders gepflegt hat. In der Lehre vom Eigenrechte des Einzelwesens gegenüber dem pathologischen Geschehen ist eine Quelle griechischen Vitalismus verborgen, dem die Hippokratiker in dem therapeutischen Satze: „Die Naturen sind die Ärzte der Krankheiten“ einen sehr bescheidenen Ausdruck gegeben haben und dessen Ausströmungen durch die ganze Folgezeit gehen.

Mit Hilfe dieser beiden Grundbegriffe Krankheit und Individualität sehen wir bei den Griechen die Hippokratiker eine reiche *spezielle pathologische* Forschung beginnen. Es sind von ihnen Krankengeschichten von bewundernswerter Sorgfalt der Beobachtung und Vorurteilslosigkeit der Auffassung erhalten geblieben, die aller Folgezeit zum Muster gedient haben. Mit diesen Aufzeichnungen, oder vielleicht auch mit älteren, verlorenen Schriften ähnlichen Geistes, beginnt die Bildung ärztlicher Erfahrungsreihen, die über die zeitliche Beschränkung eines Forscherlebens hinausgreifen und durch fortgesetzte Beobachtung die Fehler des einzelnen auszugleichen gestatten. Freilich decken sich die Krankheiten dieser frühen Ärzte nicht unmittelbar und genau mit den Krankheiten der Mediziner von heute, denn jede Epoche zerreißt durch ihre besonderen Forschungsmethoden und durch die Eigenart ihrer erklärenden Gedanken die ihr überkommenen Krankheitsbilder. So haben wir uns beispiels-

weise seit langem daran gewöhnt, klinische Symptome und anatomische Veränderungen als gleichwertige Momente bei der Bestimmung einer Krankheit zu berücksichtigen, ja, wir bemühen uns, den ätiologischen Faktor maßgebend mitreden zu lassen, während diese unsere Neigungen den Griechen größtenteils fremd waren und fremd sein mußten. Aber in ganzen großen Reihen von Krankheiten sind die Unterschiede von einst und jetzt nicht so tiefgreifend, daß wir nicht ohne weiteres sehen könnten, was die Hippokratiker beobachtet und gemeint haben. Wir finden bei ihnen zum Beispiel Darmerkrankungen jeder Art, Hämorrhoiden, Mastdarmfisteln, Darmverschluß, Typhus, Ruhr, Cholera, ferner Lungenentzündung, Brustfellentzündung, Schwindsucht, oder Harnverhaltung, Blutharnen, Blasenstein, dann die Wassersucht, Neubildungen, Fieberzustände aller Art, endlich Manie, Melancholie, Epilepsie.

Im Ablauf der Zeiten hat sich die Kenntnis der Menschen von den Krankheitsformen ständig vermehrt. Das wurde einmal durch jede Erweiterung des geographischen Horizontes, durch jede neu eintretende Völkerberührung herbeigeführt. So wurden die Griechen nach *Hippokrates* mit Filariasis, Elephantiasis und syrischen Geschwüren (Diphtherie) bekannt, die Araber lernten Pocken, Masern und Lepra kennen, im Mittelalter zog die Pest in Seuchenzügen von furchtbarer Eindringlichkeit durch Europa; im Entdeckungszeitalter wiesen schwere Opfer die Menschheit auf die Syphilis hin, deren amerikanischer Ursprung allerdings gegenwärtig wieder zweifelhaft geworden ist. Es setzte nun die Kenntnis der Schiffskrankheiten, des Skorbut und der tropischen Fieberarten ein, der englische Schweiß trat eine kurze, aber harte Herrschaft an. Die folgenden Jahrhunderte haben der Medizin die Kenntnis von Flecktyphus und asiatischer Cholera gebracht, und die letzten Jahrhunderte haben uns besonders die Krankheiten der heißen Klimate nahegelegt. Auch Deutschland hat in seiner, vorläufig abgeschlossenen, kulturtragenden Kolonisation, ja, noch im Weltkrieg auf den weiten Gefilden Rußlands und der Türkei für seine Medizin den belebenden Hauch verspürt, der von pathologischem Neulande ausgeht. Aber auch ohne Erweiterung des äußeren Gesichtskreises läßt eine besonders eingestellte Aufmerksamkeit, läßt jede neue Untersuchungsmethode, ja, oft ein neuer erklärender Gedanke neues pathologisches Geschehen auffinden oder den alten Schatz neu ordnen. So hat etwa *Glisson* das neue Krankheitsbild der Rachitis (1650), *Höfer* das des Kretinismus (1657), *Cotugno* das der Ischias (1764) geschaffen. Der Augen- und der Kehlkopfspiegel haben der Pathologie je eine Provinz neu erworben, die Röntgenuntersuchung sogar mehrere; jede Veränderung unserer Lebens- und Arbeitsgewohnheiten, jede neue therapeutische Maßnahme bringt neues pathologisches Geschehen an das Licht, ich will

als Beispiele nur an Bleikolik und Caissonkrankheit, Psittakosis, Anaphylaxie nach Serumtherapie, an Neurorecidive nach Salvarsan, an Tetanie nach Kropfoperationen erinnern.

Unter allen den Forschungsmethoden, die der klinischen Beobachtung dienen, hat aber keine die spezielle Pathologie mehr bereichert als die anatomische Untersuchung verstorbener Kranker, die *pathologische Anatomie*. Voll erwacht ist diese Methode erst im 16. Jahrhundert, sie hat zunächst die Kenntnis krankhafter Konkreme gefördert. Das Altertum hatte Blasen- und Nierensteine gekannt, jetzt kamen die Gallensteine (schon 1341 *Gentile da Foligno*) und alle die Steinbildungen in Zunge, Speicheldrüsen, Lungen usw. hinzu. Außer Leberverhärtungen und Milzvergrößerungen hatten die Alten fast nur funktionelle Organerkrankungen gekannt, jetzt wurde die Möglichkeit grober Organveränderungen aufgedeckt; Magengeschwüre, Nierendegenerationen, Blasenhypertrophien, Gehirn- und Rückenmarksveränderungen wurden gezeigt. Das 17. Jahrhundert klärte u. a. die Ursachen plötzlichen Todes auf (*Lancisi*), so auch der Apoplexie (*Wepfer*) und erläuterte die Herzkrankheiten (*Vieussens*) und die Gehirnerkrankungen (*Willis*) anatomisch. Das 18. und das 19. Jahrhundert haben in unübersehbarer Fülle unsere pathologischen Kenntnisse durch anatomische Untersuchungen erweitert, hier sei nur beispielsweise erinnert an die Venenentzündung (*Cruveillier*), die Leukämie (*Virchow*), die Trichinenkrankheit (*v. Zenker*).

Die spezielle Pathologie hat den Charakter einer beschreibenden Naturwissenschaft und die Aufgabe einer klärenden, aber doch naturgemäßen Stoffanordnung, Wissenschaft und Kunst finden in ihr ein reiches Arbeitsfeld. Aber dennoch schreitet der Geist unweigerlich über die spezielle Betrachtung zu einer höheren empor, er schafft in der *allgemeinen Pathologie* eine erklärende Naturwissenschaft. Ihr wird die Aufgabe zugewiesen, einmal die Ursachen krankhaften Geschehens aufzudecken, sodann den inneren Zusammenhang aller im Organismus verstreuten Krankheitsäußerungen herzustellen. Wir sehen also, daß diese Wissenschaft an dem Faden weiter spinnt, den wir oben im primitiven Begriff „Krankheit“ eingewebt fanden. Durch jede Feststellung von Ursachen und Zusammenhängen, ja durch jede gute Hypothese greift aber die allgemeine Pathologie wirkungsvoll in das Gebiet der speziellen hinüber, zwingt zur Umordnung des Überlieferten und verändert durch Zusammenziehungen und Trennungen die Krankheitsbilder. So sind durch die Entdeckung des Tuberkelbazillus eine Reihe von Knochen-, Gelenk- und Drüsenerkrankungen an die Lungenschwindsucht angeschlossen worden; andererseits sind die vormals einheitlich aufgefaßten Geschlechtskrankheiten durch tieferdringende Analyse in Tripper, Schanker, Syphilis zerfällt worden. Wenn ich an

dieser Stelle auf einige *alte*, allgemeinpathologische *Gedankenreihen* eingehe, so schicke ich eine förmliche Entschuldigung voraus, fängt doch unsere Zeit eben erst an, historische Betrachtungen naturwissenschaftlicher Gegenstände erträglich zu finden. Wesentlich ist es dabei, daß man die alten Gedanken als das ansieht, was sie für ihre Zeit gewesen sind, nämlich Arbeitshypothesen, Leergewüste am Bau der Wissenschaft, mit der Bestimmung, auszuprobieren, ob sich die Steine der Einzeltatsachen zum tragenden Bogen einer Anschauung zusammenfügen ließen, und wichtig für unsere Beurteilung ist es ferner, zu erfahren, wieviel noch von den alten Lehren in unserer Gedankenwelt lebt und leitet. Der umfangreichste Komplex ist hier die Säftelehre der Alten, die *Humoralpathologie*, von der *Virchow* sagt, alle guten Kliniker und alle erfolgreichen Praktiker hätten ihr gehuldigt. Bei der Betrachtung der unverwüstlichen Lebenskraft dieser Theorie, die niemals vollständig unterdrückt worden ist, muß man billig zugestehen, daß hier ein Rahmen vorliegt, während an dem Bilde die Zeiten Striche löschten und zufügten. Die Meister, die sie zuerst aufstellten, sind von schlichten, klinischen Erfahrungen ausgegangen, daß nämlich in vielen einfachen Erkrankungen die Entleerung von allerlei verschiedenfarbenen oder verschieden schmeckenden und riechenden Feuchtigkeiten eine wahre Befreiung von Schmerz und Krankheitsgefühl für den Kranken bedeutete, oder daß der Aderlaß als Erleichterung und Schmerzlinde- rung empfunden wurde. Alles dieses legte einem nachdenklichen Geiste den Gedanken nahe, es sei vorher eine schädliche Anfüllung vorhanden gewesen (Plethora), oder es habe eben ein schädlicher Stoff im Körper gesteckt (Materia peccans), und diese Vorstellung beherrscht ja auch unser ärztliches Handeln etwa bei Fremdkörpern, Indigestionen, Abszessen, Neoplasmen. In Alexandrinischer Zeit ergänzte man diese Vorstellung dahin, auch ein physiologischer Stoff könne durch Übertreten an einen unphysiologischen Ort Krankheit erzeugen (Error loci); in unserer Geschwulstlehre ist eine nahe verwandte Anschauung Trägerin geistvoller Entstehungshypothesen geworden (*Cohnheim*, *Ribbert*). Die reine Säftelehre sprach als Krankheitsursachen körpereigene, überschüssig erzeugte Säfte an (Gallen- und Schleimkrankheiten); hier wird unsere Aufmerksamkeit unwillkürlich auf unsere moderne Lehre von der inneren Sekretion abgelenkt, und da mag etwa die Auffassung der Basedowschen Krankheit als Hyperthyreose (*Möbius*) das Beispiel abgeben. Das griechische Altertum hat aber auch schon früh auf die naiven Grundlagen der Säftelehre einen philosophischen Gedankenbau aufgesetzt: Krankheit ist die gestörte Harmonie der flüssigen Elemente (Dyskrasielehre); die Gesundheit — man gewinnt diesen Begriff meist aus dem Gegenteil pathologischer Spekulation — ist die Bindung der Gegensätzlichkeiten zur Autonomie des

Lebens. Hier liegt wieder eine Quelle vitalistischer Anschauungen des Altertums vor, die von *Stahl* im 18. Jahrhundert erneuert wurde und von ihm *Bordeu*, *Bichat*, *Haller* und der Naturphilosophie zuströmt, die *Johannes Müller* berührt, und die mit *Virchow* nicht endigt. Der Gedanke der gestörten humoralen Harmonie hat *Galen* dazu gedient, dem Konstitutionalismus (siehe oben) eine materielle Grundlage zu gewinnen. Mit feiner Dialektik nimmt *Galen* eine Harmoniestörung geringsten Grades an, ein unbedeutendes Vorherrschen eines bestimmten Saftes, so daß noch keine Krankheit, wohl aber eine Empfänglichkeit, eine Disposition für eine Schädlichkeit der gleichen Richtung gegeben ist. In der Reihe der Körperfeuchtigkeiten hat schon *Galen* dem „besonderen“ Saft, dem Blute, eine Sonderstellung eingeräumt, er hat eine Hämapathologie geschaffen, und auf verfeinerter Grundlage sind ihm in der Neuzeit *J. Hunter*, *Andral* und *Rokitansky* hierin gefolgt, die in unsern Tagen von der morphologischen, serologischen und innersekretorischen Seite her erforscht wird und eines der am fleißigsten bearbeiteten Felder der Pathologie darstellt.

In ihren Grundlagen enthält die Säftelehre bereits die Anlage eines *chemischen Gedankens*. Etwas bestimmter wagt sich dieser im Altertum nur einmal ans Tageslicht, in der Lehre der Pneumatiker von der „fauligen Zersetzung“ der Säfte als eines pathogenetischen Momentes; vielleicht übersetzt man den Kunstausdruck sachlicher mit „Stoffveränderung, wie bei der Gärung“. Noch unsere Großeltern sprachen von Faulfieber, wenn sie eine recht tief im Organismus wurzelnde fiebrige Erkrankung bezeichnen wollten, die Zeit vor *Lister* sah in den Vorgängen der Wundverderbnis und der Gärung eine völlige Analogie. Der chemische Gedanke ist dann von *Paracelsus* im 16. Jahrhundert klarer gefaßt worden, er hat eine neue Klasse des pathologischen Geschehens, nämlich die Bildung der organischen Niederschläge als Gruppe der „tartarischen Krankheiten“ der Chemie zugewiesen. Seine Nachfolger, die Iatrochemiker, haben geglaubt, mit ihren naiven Annahmen den Schlüssel zur Pathologie in der Hand zu haben; sie ließen die Organsäfte einfach chemisch charakterisiert sein, so galt die Galle für alkalisch, Speichel und Pankreassaft dagegen für sauer; auf diese Weise glaubten sie, bestimmte chemische Schärfen, *Acrimonia acida* und *lixiviosa*, im Blute als Grundlagen pathologischen Geschehens sicher annehmen zu dürfen. Auch diese Gedanken mündeten in die eben erwähnte Hämapathologie an der Wende des 18. zum 19. Jahrhundert ein.

Neben den humoralen Systemen hat das Altertum auch ein *solidares* pathologisches System geschaffen, das aber an Wichtigkeit und Fruchtbarkeit seinen humoralen Rivalen nicht erreicht hat. Der Ausgangspunkt zum Solidarismus war, meines Erachtens, der Wunsch, für die Biologie

einen Anschluß an die mechanistischen Welt-erklärungen der atomistischen Physiker zu gewinnen. Wir können diesen Ansatz noch in der atomistischen Pathologie des *Asklepiades* im 1. Jahrhundert a. C. verfolgen, aber der kühne Sprung ging über Bedürfnisse und Möglichkeiten der Medizin weit hinaus ins Reich möglicher Annahmen. Daher greift eine rückläufige Entwicklung bald, statt zu den letzten Elementen alles Wirklichen, zu grob sinnlichen Zuständen der Bestandteile des Körpers und leitet die Krankheiten nicht mehr von den Bewegungen der Atome, sondern von den zu strafen oder zu schlaffen Zuständen der Bestandteile des Körpers ab. Das ist die Lehre der Methodiker, die zwar der Menschheit Ärzte ersten Grades, aber der Medizin nur eine stumpfe, unfruchtbare Theorie gegeben haben. Das ist der Grund, warum das solide System, von dem man eine gewaltige Förderung des anatomischen Gedankens, ein Erstehen echter Lokalpathologie und pathologischer Anatomie erwarten sollte, unsere Erwartungen täuscht. Und doch waren im Altertum die Ansätze sogar zu recht *feinen anatomischen Vorstellungen* gegeben. Hatten zuerst die inneren Organe als Anschwellungen aus dem Blute gegolten (daher der Name „Parenchym“), so brachte *Erasistratos* im 3. Jahrhundert a. C. die Ansicht auf, die Organe setzten sich aus einem Gewebe von Blutadern, Luftadern und Nerven zusammen, ganz so, wie sie später *Ruyssch* dargestellt hat. Des *Aristoteles* Betrachtungen über gleichartige und ungleichartige Bestandteile des Körpers tragen ebenfalls die Scheidung von Stoff und Form in das Reich der feineren Gebilde; *Bichat* hat Ende des 18. Jahrhunderts durch die Verfeinerung des lokalisatorischen Gedankens die Pathologie der Gewebe geschaffen, die unsere moderne Geschwulstlehre, Mißbildungslehre und Entzündungslehre beherrscht. Der Gedanke der Methodiker vom zu straffen oder zu schlaffen Tonus der Körpergebilde, dem *Fried. Hoffmann* im 18. Jahrhundert zu neuem Leben verholfen hat, vertrug auch eine Wendung von einer mehr morphologischen auf eine mehr *funktionelle* Seite, und da sprangen jene Systeme hervor, die auf *Hallers* Physiologie fußend, eine zu starke oder zu schwache Reaktionsfähigkeit des Organismus zur Grundlage der Pathologie machten. Es war der Brownianismus und die Erregungslehre, die zu Beginn des 19. Jahrhunderts halb Europa beherrschten, ihnen nahe stand die *Neuropathologie Cullens*. Aber selbst dieses scheinbar so modern aussehende System hat seine Vorbilder bei den alten Griechen, denn diese hatten sich in der Lehre von der organischen Lebensluft, dem Pneuma, eine großartige Fiktion geschaffen, die ihnen gestattete, das Nervenleben zu erfassen, noch ehe die anatomische Kenntnis des Nervensystems auch nur halbwegs errungen war.

Die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts bringt

mit jeder neuen naturwissenschaftlichen Errungenschaft auch eine neue Welle der Erklärungen für die Pathologie. Der Galvanismus, die elementaren Gase, der Magnetismus sind gefolgt von dem Versuche, das krankhafte Geschehen aus Wirkungen dieser allgegenwärtigen Kräfte und Stoffe abzuleiten. Keine Zeit läßt sich es eben verbieten, die neugewonnenen Maßstäbe auch probierend an die Pathologie anzulegen, sehen wir doch auch in unsern Tagen wieder Strahlenkunde, Ionen- und Kolloidchemie mit dem gleichen löblichen Eifer an der gleichen Aufgabe arbeiten.

Statt der vielen tastenden Erklärungen des 18. Jahrhunderts führte die Mitte des 19. Jahrhunderts eine einzige Methode fast zur Alleinherrschaft in der pathologischen Forschung, die *pathologische Anatomie*. Die Methode war nicht neu, aber sie wurde nun in einem neuen Geiste aufgenommen, eben in dem empiristischen Geiste dieses Jahrhunderts, und sie stieg damals vom Range einer klinischen Hilfsdisziplin zum Range einer selbständigen Wissenschaft auf, in der geraume Zeit das Leben unserer ärztlichen Gesamtwissenschaft am heißesten pulste und die den Schwesterwissenschaften die Wege wies. Sind ihre Objekte auch nicht die Krankheiten selbst, sondern die Ergebnisse krankhafter Vorgänge, so sind sie doch beständig, handgreiflich und oft wieder die Ursache des Todes oder neuer pathologischer Prozesse. „Erst seit man Erfahrungen über die Veränderungen, welche die einzelnen Organe in den verschiedenen Krankheiten erleiden, gemacht hat“, sagt *Cohnheim*, „erst von da ab konnte eine auf tatsächlichem Boden fußende, spezielle Pathologie aufgebaut werden.“ Pathologisch-anatomische Veränderungen hat bereits das klassische Altertum als Zufallsbefunde gekannt. Traumen, interne Diagnostik, chirurgische Therapie, Tierzergliederung und Anatomie am Menschen — in der kurzen Zeitspanne, da sie im Altertum gepflegt wurde — gaben gelegentliche Belehrungen. Als im 14. Jahrhundert die Beschäftigung mit menschlicher Anatomie wieder einsetzt, als gerichtliche Sektionen, besonders beim Verdachte der Vergiftung, üblich werden, da vermehren sich Interesse und Kenntnisse von der pathologischen Anatomie, aber die neue Disziplin reift doch erst in Jahrhunderten heran. Italienische Ärzte und Chirurgen beginnen im 15. Jahrhundert damit, ihren Krankengeschichten Sektionsbefunde gelegentlich hinzuzufügen (*Benvenuti*). Die großen Forscher der anatomischen Renaissance, *Vesal* und *Eustacchi*, sammeln pathologische Befunde und nutzen ihre vergrößerte Kenntnis pathologischer Möglichkeiten bereits in der praktischen Medizin; der einzige *Harvey* erklärt im 17. Jahrhundert, die Sektion eines krank Verstorbenen sei lehrreicher als die Anatomie von hundert Gehenkten. Immerhin aber wurden bis in dieses 17. Jahrhundert nur die dem Forscher gelegentlich begegnenden Be-

funde aufgenommen und, wie immer in einer jungen Disziplin, zog nur das Außergewöhnliche und Auffallende die Aufmerksamkeit an. Das ändert sich nun aber, es setzen systematische Untersuchungen ein, die sich naturgemäß zuerst auf engere Arbeitsfelder beschränken; Wepfers, Lancisis und Vieussens Aufklärungen über Apoplexie, plötzlichen Tod und Herzkrankheiten, wurden schon oben erwähnt. Die Zugabe des Sektionsbefundes zur Krankengeschichte wird nun die Regel, mehrere große Sammelwerke zur pathologischen Anatomie werden verfaßt, so von Bonnet († 1680) und von Welsch († 1677). Das zusammenfassende Werk jedoch, das durch die Höhe seines Standpunktes und die Fülle seines Materials eine neue Epoche bedeutet, brachte doch erst die Mitte des 18. Jahrhunderts in Morgagnis Lebensarbeit „De sedibus et causis morborum per anatomen indagatis libri V“ (1761). Morgagni schuf sein Werk aus den früheren Sammlungen, die er kritisch sichtete, aus den Ergebnissen seiner Lehrer und Freunde, zu denen die berühmtesten Ärzte Europas zählten, besonders aber aus eigenen Erfahrungen, denn ein langes und arbeitsames Leben hatten ihm einen bis dahin unerreichten Schatz anatomischer Anschauungen geschenkt, der auch das Gebiet der chirurgischen und gynäkologischen Pathologie mit umfaßte. Dabei erweiterte und beleuchtete er seine Befunde am Menschen durch vergleichende Untersuchungen am Tier, er hatte das Bestreben, die pathologischen Befunde sicher von den normal-anatomischen und auch von den kadaverösen Erscheinungen abzutrennen, wenn auch das Ziel noch nicht überall erreicht werden konnte. Er bemühte sich, klinisches Symptom und anatomische Erscheinung miteinander zu verknüpfen und das eine durch das andere zu erklären. Alter und Geschlecht wurden von ihm in ihrem Einfluß auf die Veränderungen gewürdigt, ätiologische Momente nicht übersehen, das forensische Interesse an der Aufdeckung der Todesursachen aufgezeigt. Ja, in gewissen Versuchen Morgagnis, Genese und Fortschreiten anatomischer Prozesse darzulegen, kündigt sich die nächste Epoche der pathologischen Anatomie verheißungsvoll an. Der bedeutendste Fortschritt des berühmten Werkes aber liegt darin, daß es nicht das Seltene und Seltsame hervorsucht, sondern überall für die gewöhnlichen Verhältnisse und die gemeinen Erkrankungen ein liebevolles Studium übrig hat. Der Form nach ist das Werk kein Handbuch der pathologischen Anatomie, sondern, der Herrschaft der Klinik in seiner Zeit entsprechend, eine Symptomatologie, in der jedes Krankheitszeichen durch anatomische Befunde erläutert und soweit möglich erklärt wird.

Noch zu Morgagnis Lebzeiten brachte das erhöhte Interesse für pathologische Anatomie auch den Sinn für die Sammlung und Erhaltung der pathologischen Objekte und Präparate hervor. Die Kollektionen von Sandifort in Leyden und

J. Hunter in London waren die berühmtesten ihrer Art. Aus der Katalogisierung, Beschreibung und Abbildung gerade dieser Sammlungen sind um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert die ersten systematischen Lehrbücher und Atlanten der pathologischen Anatomie hervorgegangen (Baillie und Sandifort).

Der klinische Standpunkt in der pathologischen Anatomie verlangt von dieser einen Überblick über die Gesamtheit der Erkrankungs-möglichkeiten; er ist niemals völlig verlassen worden, ja, er hat im 19. Jahrhundert in Paris und Wien noch einen wahren Triumph gefeiert, als es galt, die physikalische Diagnostik aufzubauen und zu fundieren. Damals stellte die pathologische Anatomie die Beziehungen zwischen den neuen Symptomen, die Perkussion und Auskultation gegeben hatten, und den Befunden an der Leiche her (Corvisart, Laennec, Piorry), Beziehungen von früher ungeahnter Innigkeit, die den anatomischen Gedanken aus dem Sektions-saal ans Krankenbett führten und aus der physikalischen Diagnostik eine anatomische Methode am lebenden Kranken machten. Die kausale Abhängigkeit der Schallphänomene vom anatomischen Bau und den pathologischen Veränderungen wurde dann etwas später in strenger Weise abgeleitet (Skoda). Aber ehe noch diese höchste Erhebung der klinischen Richtung erreicht worden war, hatte sich ein neuer Standpunkt in der pathologischen Anatomie geräuschlos vorbereitet; von jetzt an laufen zwei Entwicklungslinien nebeneinander her, die klinische und die naturwissenschaftliche. Bei den krankhaften Veränderungen des menschlichen Körpers kann man ja auch von den ärztlichen Interessen der Diagnose und Prognose absehen; man kann sie eben auch als Teilvorgänge des großen Gesamt-geschehens in der lebendigen Natur auffassen, man kann sie um ihrer selbst willen betrachten und aufzuklären versuchen. Den ersten Schritt auf diesem neuen Höhenwege tat Bichat, der Napoleon in der Medizin, als er seinen allgemein-anatomischen Gedanken von den Geweben auch auf die Pathologie übertrug. Er zeigte, wie die gleiche Gewebeart immer von den gleichen Störungen befallen wird, gleichgültig, wo im Körper sie ein Organ aufbauen hilft. Mit Bichat tritt eine, vorläufig noch makroskopische, Histologie in die Pathologie ein, mit ihm geht, wie wir schon sahen, der Lokalisationsgedanke aus der Form der Organerkrankungen in die feinere Form der Gewebekrankheiten über. Bichat gehört zu den Vätern der exakten Medizin, die dem 19. Jahrhundert ihren Stempel aufgedrückt hat, und die hohe Wertschätzung der Tatsachen, die diese Richtung auszeichnet, ist der pathologischen Anatomie, die ja nur Tatsachen zu bieten scheint, zugute gekommen. Bichat selbst hat in Überschätzung seiner Methode geglaubt, fast die gesamte Pathologie in anatomische Pathologie auflösen zu können und hat damit eine Überzeugung

geäußert, die ein halbes Jahrhundert nach seinem frühen Tode von der Mehrzahl der Mediziner geteilt wurde. Dementsprechend sehen wir nach *Bichat* in der Pariser Schule eine wahre Hochflut pathologisch-anatomischer Arbeiten einsetzen, die sich bemühen, mit der Kritik, den Leitgedanken und der Technik einer fortgeschrittenen Zeit den Formenkreis pathologisch-anatomischer Veränderungen neu zu durchforschen und sicherzustellen (*Corvisart, Laennec, Dupuytren, Cruveillier*). Die neue Einstellung des Interesses auf die Wissenschaft der pathologischen Anatomie verpflanzte *Rokitansky* nach Deutschland. Bei ihm tritt die Tendenz zur Verselbständigung seiner Wissenschaft noch mehr in den Vordergrund. Er war Künstler in der Erfassung und Darstellung pathologischer Veränderungen; ihre Beschreibung geht über klinische Bedürfnisse hinaus und wird Selbstzweck. Seiner Schilderung von Säuerkadavern und Choleralichen rühmt man nach, daß ihre Kraft das Tote lebendig mache, *Virchow* nennt ihn den ersten wahren deskriptiven pathologischen Anatomen. Sodann aber ist *Rokitansky* Naturwissenschaftler, der die Entstehung und das Werden der anatomischen Veränderungen zu erfassen versucht. Er ordnet die Einzelphasen gleichartiger Veränderungen in zeitlicher Folge aneinander, er spürt die frühesten Anfänge auf, soweit sie einfacher Betrachtung zugänglich sind, und so stellt er eine Lebensgeschichte der von ihm beobachteten Bildungen und Zerstörungen auf, wenn dieser Ausdruck an dieser Stelle erlaubt ist. Bei allen diesen Bestrebungen unterstützt ihn die ungeheure Fülle des Materials, das ihm als dem Wiener Pathologen durch die Hände ging. Mit *Rokitanskys* Lebensarbeit beginnt die pathologische Anatomie in jene Zentralstellung unter den medizinischen Wissenschaften einzurücken, von der wir oben gesprochen haben. „Ich habe“, so charakterisiert er 1875 selbst seine Wirksamkeit (und 1846 hatte er sich programmatisch fast gleichlautend geäußert), „der pathologischen Anatomie, gemäß einem dringenden Bedürfnisse meiner Zeit, eine solche Bedeutung gegeben, daß ich dieselbe als Fundament einer pathologischen Physiologie und als Grundlage naturwissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiete der Medizin überhaupt bezeichnen kann.“ *Pathologische Physiologie*. — mit diesem Worte ist Ziel und Sehnsucht der neuesten Epoche in der Medizin bezeichnet, an deren Erfüllung auch unsere eigene Gegenwart mit jenem Eifer arbeitet, der des Menschentums bester Teil ist. Mit dieser Zielsetzung mündet auch die pathologische Anatomie wieder in den allgemeinen Strom der Pathologie ein, dessen Lauf wir oben verlassen haben. Denn, das Ziel einer allgemeinen Pathologie kann schließlich kein anderes sein als eine pathologische Biologie und Ökologie. Die Aufstellung von Gewebekrankheiten und die Erforschung der Genese der anatomischen Befunde waren Etappen

auf diesem Wege gewesen, den nächsten großen Schritt tat *Virchow* 1858 mit seiner *Zellulärpathologie*. Die Zellenlehre verschiebt den Schwerpunkt des Lebens, den Altar, auf dem die heilige Flamme selber brennt, aus dem Reiche des einfach Sichtbaren in die Welt des mikroskopisch Kleinen, aus der sie die bekannten Lebenserscheinungen als Aufsummung unendlich vieler Zwergwirkungen wieder in das Gebiet der gewohnten Welt hinaufsteigen läßt. Die geistige Richtung der Erklärung ist hier die gleiche wie bei den exakten Naturwissenschaften unserer Zeit, welche die ungeheuren Wirkungen des technischen Geschehens aus der Aufsammlung der Kräfte im winzigen Geschehen der Ionen, Atome und Elektronen ableiten. Die Zellenlehre war von *Schleiden* für das Pflanzenreich aufgestellt und von *Schwann* auf den tierischen Organismus übertragen worden, als *Rudolf Virchow* noch Student war, *Johannes Müller* hatte sie auch für die krankhaften Geschwülste anerkannt. Die Biologen der jungen mikroskopischen Richtung saßen damals alle brütend über den Problemen, die der Zusammenprall der neuen Anschauungsweise mit der älteren Betrachtungsform nach Geweben aufgedeckt hatte, aber erst *Virchow* gelang es, seine Zeit endgültig davon zu überzeugen, daß die Zellen nicht allein morphologisch und genetisch die Elemente des Körpers sind, sondern daß sie auch, als die eigentlichen Faktoren des Lebens, die Träger des pathologischen Geschehens sind, daß unser Körper als ein Zellenstaat aufgefaßt werden muß, in dem jedes lebendige Individuum von ähnlichen elterlichen Individuen abstammt. Mit diesen Folgerungen erfuhr die erste Zellenlehre von *Schleiden* und *Schwann*, mit ihrer gewissermaßen kristallinen Bildung von Elementen aus nicht organisierter Substanz, ihre erste große Umbildung; *Virchows* Gedanken lenkten bewußt ganz in das Reich des Lebendigen mit seinen eigenen Kräften zurück, der Neovitalismus war erstanden. Mit seinem Satze „*Omnis cellula e cellula*“ hat *Virchow* der Biologie ein Geschenk gemacht, das zeigte, nun sei die Pathologie selbst zur biologischen Naturwissenschaft herangereift.

Das große Ziel, das wir soeben *Virchow* so sicher anvisieren sahen, hat aber die Einführung neuer Erkenntnismethoden in die Pathologie zur Voraussetzung; es ist ein Beweis der überragenden Veranlagung unseres *Virchow*, daß er außer der Methode, die er selbst mit Meisterschaft beherrschte, der morphologischen, noch andere Arbeitsweisen pflegte und von seinen Schülern pflegen ließ. Die mikroskopische Art der morphologischen Forschung ist eben durch die Herrscherstellung der pathologischen Anatomie *Virchow*scher Richtung nach der Mitte des 19. Jahrhunderts die souveräne Betrachtungsweise in der Medizin geworden, man kann geradezu von einer *histologischen Epoche* der Heilkunde sprechen

(auch *Rokitansky* ist die mikroskopische Betrachtung früh von *Virchow* aufgefordert worden). Und doch kann diese Methode, gemäß ihrer Eigenart, nur über Zustände und nur indirekt über das Geschehen unterrichten, sie hat einen epilogartigen Charakter, wie die klinische Sektion einen epikritischen besitzt. Die flüssigen Körperbestandteile entgehen ihr oder müssen sich Veränderungen gefallen lassen, nur die Festteile sind ihr unmittelbar zugänglich. Diese Eigenart der Methode wird aber zum fühlbaren Mangel, wenn das Ziel eben die Physiologie geworden ist.

Und so tritt denn in der Mitte des 19. Jahrhunderts neben die morphologische Methode ergänzend wieder eine *humorale* Betrachtung, die sich einmal streng *chemischer* Arbeitsweisen bedient, zum andern mal aber auch *neugeschaffener* Verfahrensweisen, deren Charakter zwischen Chemie und Biologie schwankt. Dieser Zweig unseres Wissens ist, obwohl von höchster Bedeutung für die Pathologie, noch kein den älteren Richtungen gleichwertiges Gebiet der Pathologie geworden; denn, da die Forschung hier wieder Neuland erreicht, so ist es beim Auffinden einer Erscheinung oft zweifelhaft, ob sie auf physiologischem oder pathologischem Gebiete gelegen ist, und so bleibt die Pflege unseres Zweiges den medizinischen Chemikern und den Serologen anvertraut, die zunächst den Kreis der möglichen Erscheinungen auszuschöpfen sich bemühen. Hier erleben wir die selbstverständliche Wiederholung einer Erscheinung, die das 17. Jahrhundert an der pathologischen Anatomie, das 18. Jahrhundert an der Mikroskopie hat beobachten können. Frühe Erkenntnisse auf dem Gebiete der chemischen Pathologie sind die Entdeckung des des süßen Harnes (*Willis* 1670), des Eiweißharnes (*Cotugno* 1760), aber noch im Anfang des 19. Jahrhunderts stand der Forschung hier das Vorurteil entgegen, die organischen Stoffe spotteten als Produkte der Lebenskraft der chemischen Methode. Es ist wohl richtiger, das Vorurteil so auszudeuten, daß eben auch in dieser Zeit die Chemie auf unserm Gebiete noch nichts vermochte. Aber kaum hatte die Synthese des Harnstoffes (*Wöhler* 1828) und die Verbesserung der organischen Analyse (*Liebig*, Anfang der dreißiger Jahre) dieses Feld geöffnet, kaum hatte *Liebig's* Tierchemie (1842) das Muster gegeben, da setzte sofort ein reges Forschen ein. *Andral* in Paris bemühte sich in gemeinsamer Arbeit mit dem Chemiker *Gavaret*, eine chemische Blutpathologie zu schaffen (1842—43), *F. Simon* in Berlin schloß sich der Schönleinschen Klinik als Chemiker, gewissermaßen als eine neue Art von Prosektor, an; *Rokitansky* richtete (1844) für *Heller* ein chemisches Laboratorium in seinem Institute ein, *Scherer* in Würzburg vertrat selbständig (seit 1842) mit bedeutenden Arbeiten das Fach der pathologischen Chemie. Ein wenig später beginnt die Reihe fruchtbarer pathologischer Chemiker, die in *Virchow's* Ber-

liner Institut die neue Richtung pflegten und unsere Kenntnis vom veränderten Leben um zahllose Einzeltatsachen vermehrt haben (*Hoppe-Seyler*, *Kühne*, *Salkowski*). Die pathologische Chemie ist von dem Blute und dem Harn ausgegangen, und sie ist eine Zeitlang in dieser „Muttersubstanz der organischen Chemie“ stecken geblieben, dann aber ist sie von den Ausscheidungen her auf die Stoffwechselvorgänge hin vorgerückt, welche jene Ausscheidungen bilden oder verändern. Heute wird sogar von einer Chemie der Zelle gesprochen, und die Arbeitsweisen der physikalischen Chemie, der Kolloidchemie und der Strahlenchemie werden als krausbärtige Schlüssel am Geheimnis des Lebens ausprobiert; eine ganz neue Zucker-, Eiweiß- und Enzymchemie hatte unsere Wissenschaft, mit-schaffend, dabei zu durchschreiten.

Weniger glücklich war der Beginn der anderen Richtung, die wir als *halb chemische*, halb biologische Methode charakterisiert haben, und die doch später so Großes leisten sollte. Ihren Ausgang nahm sie von *J. Hunter*, der das Blut zwar als flüssigen, aber doch organisierten Bestandteil des Körpers aufzufassen lehrte. Auf das Blut griff *Rokitansky* zurück, als auch er der Unzulänglichkeit der morphologischen Betrachtung inne wurde (1846). Er nahm als wahre Krankheitsursache eine veränderte Zusammensetzung des Blutes an (die „Krasenlehre“), das einen entzündlichen, kroupösen oder tuberkulösen Faserstoff, ein exanthematisches, typhöses oder kreb-siges Eiweiß enthalten sollte. Aber in dieser Lehre hatte der große Pathologe nicht die sonstige Sorgfalt walten lassen, er bot seine Theorien ohne den soliden Unterbau stützender Tatsachen; die tiefdringende Kritik des jungen *Virchow* hat die neue Hämopathologie erstickt, als sie eben geboren war. Dafür haben uns Bakteriologen und experimentelle Therapeuten (*Behring*, *Ehrlich*) in den letzten Dezennien mit halb biologischen, halb chemischen Mitteln auf das Neuland des *Serumlebens* geführt, und die Vorgänge in dieser Arena der Zellsäfte drängen uns erklärende und zusammenfassende Gedanken chemischer Art auf (Absättigungslehre, Seitenkettentheorie). Etwas später hat unsere Zeit die Wirkung der *inneren Sekretion* von vielerlei Drüsen in immer neuen Überraschungen anerkennen müssen und hat sich überzeugt, daß auch hier eine humorale, das heißt chemisch-materielle Form der Verursachung vorliegt. So sind die Beziehungen zwischen Schilddrüse und Basedowscher Krankheit, der Nebennieren und der Addisonischen Krankheit, der Hypophyse zur Akromegalie und dem Diabetes insipidus, der Thymusdrüse zum Status lymphaticus usw. mehr oder weniger fest gesichert. Aus allen diesen, das Interesse der Mediziner stark anziehenden Vorstellungsreihen ergießt sich gegenwärtig wieder ein Strom humoralen Denkens in unsere Pathologie.

*

Eine noch glänzendere Zukunft war der zweiten Methode beschieden, die sich befähigt erwies, die morphologische Arbeitsweise zu ergänzen, dem biologischen *Experiment*, dem vivisektorisches Tierversuche. Man pflegt die Eigenart der experimentellen Methode mit dem Satze zu rühmen, daß sie Fragen an die Natur stelle, während die reine Beobachtung abwarten müsse, was die Natur zu offenbaren geruhe; der Satz ist richtig, sobald eine Wissenschaft soweit gefördert worden ist, daß sie die möglichen Bedingungen ihrer Vorgänge einigermaßen überblickt, so daß sie modifizierend hier eingzugreifen vermag. Die experimentelle Methode hat uns einmal den Zusammenhang zwischen den einzelnen Gliedern des pathologischen Geschehens und den einzelnen Erscheinungen der pathologischen Veränderungen in ein und derselben Krankheit aufgedeckt und so die pathologische Physiologie bereichert, sie hat anderseits eine Reihe von entfernteren Krankheitsursachen ausfindig gemacht und dadurch die Ätiologie ganz in die pathologische Forschung hineingezogen. Der wichtigste experimentelle Pathologe zu Beginn unserer Epoche war *J. Hunter*, dessen Genie wir schon oben der Medizin neue Wege weisen sahen. Etwas später hat der französische Meister der experimentellen Methode, *Magendie*, auch der Pathologie sein Interesse zugewandt. Beide Forscher haben das Kapitel von der Eiterbildung, Sepsis, Pyämie bevorzugt, auf dem später *Virchow* glänzen sollte. Bei uns in Deutschland wurde die experimentelle Arbeitsweise zunächst von Klinikern aufgenommen, so von dem bedeutenden *Traube*. Seine Erforschung der Lungenveränderungen nach Vagusdurchschneidung (1844), *Rühles* Studien über den Mechanismus des Brechaktes (gleichzeitig) weisen bedeutungsvoll auf die pathologische Physiologie hin, und in den fast gleichzeitigen experimentellen Arbeiten *Virchows* über Thrombose und Embolie zeigte der junge Meister den Weg auf, wie man in einer Verbindung morphologischer und experimenteller Arbeit den „pathologischen Calcul“, das heißt, die an der Leiche gewonnene Überzeugung vom Zustandekommen der anatomischen Befunde, im Tierversuche prüfen und verifizieren soll. Von *Virchows* Schülern hat *Cohnheim* das Experiment mit besonderer Vorliebe gepflegt; auch auf das mikroskopische Gebiet ist es mit weitreichenden Folgen ausgedehnt worden (Emigrationslehre von *Recklinghausen* 1863, Diapedesis von *Cohnheim* 1864). Heute ist sogar das Kapitel von der tierischen Mißbildung und von der Geschwulstbildung in ein experimentelles Zeitalter eingetreten.

Neben all diesen morphologischen, chemischen und experimentellen Bemühungen zur pathologischen Physiologie geht natürlich die alte Arbeit im Leben unserer Pathologie, ein beständiger und gründlicher Ausbau der speziellen Pathologie und speziellen pathologischen Anatomie, die Unter-

stützung der Klinik durch sorgfältige Sektion und mikroskopische Untersuchung, immer ruhig nebenher. Aber es hat den Anschein, als ob diese Fülle der Aufgaben unseren Pathologen noch nicht genügt hätte. Wenn man sagen darf, daß die Gebiete der pathologischen Anatomie gewissermaßen hinter der pathologischen Physiologie liegen, so ist nicht zu verkennen, daß sich vor dieser noch weite, wenig erforschte Gegenden erstreckten, das Reich der Krankheitsursachen, der *Ätiologie*. Bis zur Mitte des XIX. Jahrhunderts schien noch keine wahre Möglichkeit gegeben zu sein, in dem aufgehäuften Material ätiologischer Beziehungen und Vermutungen eine wissenschaftliche Behandlung durchzuführen (*Cohnheim*). In dieser Zeit aber wurde unerwartet eine Gruppe ätiologischer Momente zu einer Sonderstellung emporgehoben. Zwar waren die Vertreter dieser Gruppe nicht, wie man es von richtungsgebenden Erscheinungen voraussetzen möchte, einfach und durchsichtig, sondern im Gegenteil, sie waren von höchster Komplikation und dazu noch von äußerster Feinheit, aber dafür waren sie stofflich, faßbar und isolierbar: Es waren die Kleinlebewesen, die *Bakterien* im weiteren Wortsinne. Seuchen und ansteckende Krankheiten haben immer das Interesse der Menschen stark gefesselt. Die Erfahrungen mit der Lepra im Frühmittelalter, mit dem schwarzen Tode im XIV. Jahrhundert haben die europäische Menschheit auf den Gedanken des Übergangs eines Ansteckungsstoffes vom Kranken auf den Erkrankenden gebracht, und diese Kontagion ist durch die Blatterninokulationen und Kuhpockenimpfungen des XVIII. Jahrhunderts zur tausendfach bewährten Erfahrung geworden. Aber erst der geniale Theoretiker *Henle* lehrte (1840), daß Ansteckung und Verlaufseigentümlichkeiten gewisser Krankheiten sich nur dann befriedigend erklären ließen, wenn man zu den älteren Ahnungen eines *Contagium animatum* zurückkehre und das *Contagium* als ein Lebewesen, als einen Parasiten auffasse. *Henles* Lehre war damals eher als eine Divination, denn als eine Theorie zu bezeichnen, denn die tatsächlichen Stützen für den Gedankenbau waren noch sehr spärlich. Es waren damals einige wenige ansteckende Hautkrankheiten, Krätze, Favus, der Soor, als parasitisch bedingt nachgewiesen, die Muscardine der Seidenraupen hatte sich gerade als eine Pilzkrankheit herausgestellt, aber vielleicht noch eindrucksvoller war die physiologische Erkenntnis, die eben gereift war, daß die „Hefekügelchen“ Mikroorganismen, die chemische Umsetzung bei der Gärung eine biologische Wirkung sei (*Cagniard-La Tour, Schwann*). Auf dem Gebiete des *Contagium animatum* war aber noch viel fleißige experimentelle Arbeit nötig, ehe die Bakteriologie in unserem Sinne entstehen konnte. Beim Milzbrand waren gewisse, eigentümliche Stäbchen, unsere heutigen Milzbrandbazillen, als ständige Begleiter der Krankheit im Blute mikroskopisch

nachgewiesen worden (*Pollender* 1849), aber der Beweis für ihre ätiologische Rolle stand noch aus. Krankheiten wurden durch Verimpfen tierischen Materials übertragen, ohne daß man den vermuteten Erreger bereits in der Hand hatte, so beispielsweise die Tuberkulose (*Villemin* 1843), endlich auch da, wo die Erkenntnis des Erregers schon weit vorgeschritten war, so den Milzbrand (*Davaine* 1863). Inzwischen hatten *Pasteurs* geniale Arbeiten (1862) die ätiologische Rolle der Kleinlebewesen bei Gärung und Fäulnis, gegen den Widerspruch der chemischen Welt, zum zweitenmal sichergestellt. Pathologen, Histologen und Chirurgen, diese von dem Instinkte geleitet, daß hier Großes zu gewinnen sei, wendeten sich der *Pathologia animata* zu (*Rindfleisch* 1866, *Recklinghausen* und *Waldayer* 1871, *Klebs* 1871, *Billroth* 1874). Ende der siebziger Jahre setzten die Arbeiten *Pasteurs* über pathogene Mikroorganismen ein und gleichzeitig (1877) verkündete *Klebs*, gegen *Virchows* Widerspruch, den Beginn einer neuen Zeit in der Pathologie. Immerhin aber konnte *Cohnheim* noch 1878 die wahre Lage dieser ganzen Bestrebungen folgendermaßen charakterisieren: „Heute sind zahlreiche Forscher in ihren Laboratorien bemüht, den Nachweis der Abhängigkeit der verschiedenen Infektionskrankheiten von den für sie als charakteristisch betrachteten Bakterien zu führen, ein Nachweis, der in vollkommen genügender Weise bisher nur für den Milzbrand geglückt ist.“ Ehe aber noch der Schlußstein dieses Nachweises hatte gelegt werden können, hatte *Pasteur* (1870 *Immunisierung*) und, auf *Pasteurs* Schultern stehend, *Lister* (1867 *antiseptische Wundbehandlung*) die größten und segensreichsten Folgerungen aus der Lehre von der *Pathologia animata* gezogen. Mit der Bakterienforschung war die Pathologie wieder einmal auf völliges Neuland getreten, Vorfragen von größtem Schwergewicht mußten manchmal im Verlauf einer pathologischen Untersuchung geklärt werden. Die Frage spontaner Entstehung dieser biologischen Zwerge, die damals als sehr einfach gebaut galten, der Zweifel, ob es wirklich unter ihnen wohlcharakterisierte feste Arten mit artspezifischen, etwa pathogenen Eigenschaften, gebe, mußte gelöst werden. Die experimentelle Methode, die nun die Führung übernahm, gab neue Schwierigkeiten, es mußte die Empfänglichkeit der verschiedenen Tierarten, die Veränderungen der Laboratoriumskrankheiten gegen die spontanen menschlichen Erkrankungen festgestellt werden. Man war fortwährend Überraschungen in dem Ausfall der Reaktionen ausgesetzt, die biologische, chemische, auch thermische Deutung fanden. Den methodischen Schlußstein im Beweise für die pathogene Wirkung und die ätiologische Rolle der Kleinlebewesen setzte erst 1876 *Robert Koch* in das neue Gebäude ein, seine Resultate meint *Cohnheim* in dem eben angeführten Zitat. *Koch* hatte die Spuren der Milzbrandbazillen entdeckt und mit ihrer Hilfe eine Rein-

kultur von Milzbrand gewonnen, die, eingespritzt, die Krankheit wieder erzeugte. So war den Forderungen, die *Henle*, dann *Klebs*, zuletzt *Koch* selbst für das Experimentum crucis gestellt hatte, genügt. Der gleiche Meister gab dann mit seinem erstarrenden Nährboden (1881) der Bakteriologie eine Technik, die nach und nach jedes Kleinlebewesen in Reinkultur zu züchten und die Frage seiner pathogenen Wirksamkeit zu entscheiden gestattete. Mit diesem Fortschritt setzt von den achtziger Jahren an eine ausgedehnte, fruchtbare und erfolgreiche bakteriologisch-pathologische Arbeit ein, die uns mit den Erregern einer Reihe von Krankheiten bekannt gemacht haben, und deren Weiterführungen sich noch unter uns auswirken (Tuberkulose, Cholera, Wundinfektion, Erysipel, Tetanus, Pest, Syphilis usw.). Auch die Pathogenität tierischer Kleinlebewesen ist mit analogen Methoden wie die der pflanzlichen aufgedeckt worden (Malaria, Ruhr, Schlafkrankheit). Die Einführung der Bakteriologie in die Pathologie bedeutet eine außerordentliche Anregung für diese. Vorher hatte man das Verhalten eines Organismus studiert, jetzt hieß es, die Reaktion zweier organischer Systeme aufeinander feststellen; eine neue Stufe der Verwicklung in der Natur war so erkannt worden und von hier fällt auch ein Licht kritischer Wertung auf die gesamten Ergebnisse der früheren Zeit. So sehen beispielsweise *Virchows* Embolieexperimente, die so oft in Pyämie ausgingen, uns ganz anders an, als sie es zu des Meisters Zeiten taten; was uns als äußere Störung durchschaubar geworden ist, das hatte sein Genie von dem wesentlichen Ergebnis seiner Arbeiten abzuziehen. Aber auch auf die Zukunft fällt von hier aus ein Licht. Der Versuch, zu einer möglichen Vorstellung vom Wesen der bakteriellen Schädigung zu gelangen, die alte, nun neu gewordene Frage nach dem Sinn von Disposition und Immunität, die neue Provinz des Lebens, die sich mit Angriff und Abwehr im Serum vor unsern Augen aufgetan hat — alles dieses drängt die Pathologie in neue chemische Vorstellungen hinein. Die Rolle der fremden, parasitären Zellen bei dem Aufbau der Gebilde, die für die Histologie bestimmter Krankheiten charakteristisch sind, ist in mühsamer Arbeit zu klären. Das Studium jeder Infektion schließt heute die Frage nach dem Modus und Mechanismus der Infektion ein, es fordert die Feststellung der Biologie des Erregers, gegebenen Falles auch die eines Zwischenwirtes und schließt mit einer Vertiefung menschlicher Biologie.

Mit diesen Einstellungen ist die Pathologie ins 20. Jahrhundert getreten. Die zelluläre Auffassung des Lebens hat sich in allen Kapiteln des so ausgedehnten Faches richtunggebend erhalten. Die Bakteriologie, die zuerst die Kreise der Pathologen zu stören schien, hat sich als befreundete und aufklärende Wissenschaft den älteren Zweigen der Pathologie zur Seite gestellt. Sie und die

Histologie werden durch eine kompliziert gewordene Technik gefördert. Die humoralen Anschauungen sind seit Erkenntnis des Serumlebens und der inneren Sekretionen immer wichtiger geworden und bilden gerade zu unserer Zeit die beliebtesten Flügel medizinischen Denkens; die experimentelle und genetische Methode hat ihren Platz behauptet. Wenn auch in der Gegenwart

die Pathologie nicht mehr allein das Interesse der Mediziner fesselt, so hat sie doch der praktischen Heilkunde die wichtigsten diagnostischen und therapeutischen Methoden zum Geschenke gemacht und ihre bedeutenden Leistungen sind heute wie ehemals, wie *Marchands* Arbeiten zeigen, anregend, klärend und fruchtbar für alle Provinzen der Medizin geworden.

Zur Konstitutions- und Dispositionslehre.

Von O. Lubarsch, Berlin.

Es ist geschichtlich begreiflich und verständlich, daß die Lehre von der Konstitution und Disposition in *Virchows* Lehrgebäude keine wesentliche Rolle spielte. Wie er wiederholt betont hat, mußte er bei der medizinischen Reform, die er anstrebte und durchsetzte, das hervorheben, was neu war, was dem Bestehenden, Herrschenden entgegenstand. Gegenüber der herrschenden humoralen Krasenlehre, der „Aristokratie und Hierarchie“ der Säfte und Nerven suchte er dem „tiers état“ der kleinen und kleinsten Gebilde, der Zellen Anerkennung zu verschaffen und hier den „Sitz“ des Lebens und damit auch der Krankheiten zu erkennen; waren bei *Rokitansky* und vielen französischen und englischen Pathologen fast alle Krankheiten „konstitutionell“ und spielten die „Dyskrasien“ auch dort eine große Rolle, wo die örtliche Entstehung krankhafter Veränderungen dem vorurteilslosen Beobachter sich geradezu aufdrängte, so sucht *Virchow* im bewußten Gegensatz dazu, zu zeigen, daß die krankhaften Veränderungen örtlich begrenzt sich entwickelten und die „konstitutionellen“ Leiden und „Dyskrasien“ meist nur Folgezustände der ersten örtlichen Veränderungen seien. Freilich ist hier das Wort „konstitutionell“, so wie das früher vielfach der Fall war, in dem Sinne gebraucht, wie wir jetzt das Wort „generalisiert“ gebrauchen. *Virchow* hebt das selbst hervor, wenn er schreibt¹⁾:

„Der Ausdruck ‚constitutionell‘, welcher hier sehr viel gebraucht wird, ist in der Regel ein unklarer. Constitutionell kann sich beziehen auf eine dauernde *humorale* Veränderung, wobei das Blut als der anhaltende Träger bestimmter Eigenschaften gedacht wird; es kann aber ebenso gut gedacht werden als eine an einer gewissen Zahl von *Körpergeweben* sich erhaltende Besonderheit und Eigentümlichkeit, welche gerade diese Gewebe zu besonderen Veränderungen prädisponiert und so die Möglichkeit mit sich bringt, daß gleichzeitig oder hintereinander an verschiedenen Punkten des Körpers analoge Störungen auftreten. Daß man diese Dinge nicht genau unterscheidet, und daß man theoretisch sowohl

diejenigen Zustände, die man sich als dyskrasische denkt, und diejenigen, die man auf Veränderungen einer gewissen größeren Reihe von einzelnen Körpergeweben zurückführt, zusammenwirft in den Begriff des „Constitutionellen“, ist für die Auffassung sehr schädlich geworden.“ Diese Neigung, „Konstitution“, „Disposition“, „Diathese“ und „Dyskrasie“ durcheinander zu werfen und nicht scharf voneinander zu trennen, ist bis in die neueste Zeit bestehen geblieben, nicht zum Vorteil der ganzen Lehre. — Während sich *Virchow* aber keineswegs ablehnend gegen die Lehre von Konstitution und Disposition verhielt, sondern, wie noch gezeigt werden soll, den wesentlichen Kern davon herauszuschälen und scharf erfaßte, hat die *Kochsche* bakteriologische Schule, zum mindesten solange sie noch um ihre Geltung ringen mußte, der Konstitutions- und Dispositionslehre geradezu feindlich gegenübergestanden und sich nur spät und — man kann fast sagen — widerwillig zu einer beschränkten Anerkennung verstanden. Gerade die Übertreibungen und Einseitigkeiten der Bakteriologen haben aber den Boden vorbereitet, auf dem eine neue *Konstitutions- und Dispositionslehre* aufgebaut werden konnte, wie sie unter den Klinikern in erster Linie von *O. Rosenbach*, *Fr. Kraus*, *Martius*, *W. A. Freund*, unter den Pathologen von mir, *Hansemann* und *Hart* begründet wurde und jetzt vielleicht wieder zu übertriebenem Ansehen und Einfluß zu gelangen droht.

Die Schwierigkeiten, die hier bestehen, sind freilich sehr große und liegen allein schon darin, daß eine völlige Übereinstimmung über die Begriffe nicht leicht zu erzielen ist. Das ist aber bei dem jetzigen Stand der Dinge ein unbedingtes Erfordernis. *Virchow* hat gelegentlich den Wert und die Notwendigkeit klarer und bestimmter Namengebung betont, wenn er in seiner sarkastischen Weise bemerkt: „Für einen stummen Arzt sind sie vielleicht unnütz . . . ; allein die meisten Ärzte reden doch, wollen sich miteinander verständigen, denken über die Sachen nach.“ Und auch *Driesch*, nach dem eine Begriffsbestimmung ans Ende und nicht an den Anfang der Wissenschaft gehören soll, hat an anderer Stelle geschrieben, daß eine *scharfe Begriffsbestimmung*

¹⁾ Geschwülste, Bd. 1, S. 37.

das erste Erfordernis wahrer Wissenschaft sei²⁾. Beide Sätze erscheinen freilich schwer miteinander vereinbar, und ich halte auch die Fassung, daß Begriffsbestimmungen erst ans Ende der Wissenschaft (ein solches gibt es ja gar nicht!) gehören, für wenig glücklich. Es soll ja damit auch höchstens ausgedrückt werden, daß die Sammlung eines gewissen Tatsachenmaterials, das den Begriffen zur Unterlage dienen kann, vorausgehen hat. Das Ordnen dieses Tatsachenmaterials kann aber nur nach bestimmten Gesichtspunkten vor sich gehen, und das erfordert schon die Aufstellung von Begriffen. Hat man aber mal mit der Sammlung und Ordnung von Tatsachen einen gewissen Punkt erreicht, so ist die Aufstellung klarer Begriffe erstes Erfordernis, um zu verhindern, daß um die Sache herumgeredet und unnütz Zeit und Druckerschwärze verschwendet wird. Ich halte daher die Meinung von Siemens³⁾, daß Konstitution überhaupt keinen wissenschaftlich-theoretischen Begriff ausdrücke, sondern nur einen klinisch-empirischen „Eindruck“ wiedergebe, in dessen Unbestimmtheit gerade der große praktische Wert läge, für völlig falsch und verwerflich. Dann könnten wir uns die Mühe sparen, die Konstitutionslehre wissenschaftlich zu begründen zu versuchen. Das hat man denn auch hinsichtlich der Konstitutionslehre allmählich eingesehen und sich besonders bemüht, eine Abgrenzung der oben genannten Bezeichnungen „Konstitution“, „Disposition“ usw. vorzunehmen. Wenn trotz vieler Bemühungen eine Einigung noch nicht erreicht ist, so liegt das z. T. daran, daß man auch hier, wie so häufig, die Grenzen zu weit ziehen will und dadurch zu unbestimmten und nichtssagenden Bestimmungen kommt. Es soll hier nicht auf die vielen verschiedenen Begriffsbestimmungen eingegangen, sondern nur die Hauptstreitfragen erörtert werden.

Es sind 4 Hauptstreitfragen: 1. Haben wir unter Konstitution etwas Unveränderliches, Angeborenes, Ererbtes zu verstehen? 2. Bezieht sich Konstitution nur auf körperliche oder auch auf seelische Beschaffenheit? 3. Ist der Konstitutionsbegriff ein rein morphologischer oder mehr ein funktioneller Begriff? 4. Ist der Konstitutionsbegriff ein einheitlicher, sich nur auf den Gesamtorganismus beziehender, oder gibt es auch eine Teilkonstitution, eine besondere Organ-, Gewebs- und Zellkonstitution? — Die Entscheidung der ersten Frage scheint mir einigermaßen willkürlich. Hart⁴⁾, Tandler⁵⁾, Bauer⁶⁾, Hedin-

ger⁷⁾, Tönniessen⁸⁾, Kahn⁹⁾, Kretschmer¹⁰⁾ und viele andere legen einen besonderen Wert darauf, daß unter Konstitution nur eine *ererbte* Beschaffenheit zu verstehen sei. So bezeichnen die beiden letzteren unter Konstitution „die Gesamtheit aller der individuellen Eigenschaften, die auf Vererbung beruhen, d. h. genotypisch verankert sind“. Tönniessen bezeichnet als Konstitution eines Organismus die Gesamtheit seiner somatischen Eigenschaften, soweit sie durch das Keimplasma bestimmt, „also vererbt“ sind. (Die Gleichstellung von „durch Keimplasma bestimmt“ und „vererbt“ ist schon nicht richtig, da es bekanntlich auch Keimesvariationen und Blastophthorien gibt.) Ebenso ist für Tandler Konstitution gleichbedeutend mit allen im Augenblick der Befruchtung bestimmten individuellen morphologischen und funktionellen Eigenschaften, und er nennt Konstitution geradezu „das somatische Fatum des Individuums“. Hart hat seine Auffassung weniger in der Formulierung als in der Begründung seines Standpunktes vertreten. Denn wenn er als Konstitution die Summe aller der Faktoren bezeichnet, von denen im wesentlichen die größere oder geringere Widerstandskraft des Organismus gegen von außen kommende Schädigungen bedingt ist, so ist darin nicht gesagt, ob es sich um angeborene, *ererbte* oder erworbene Eigenschaften handelt. Aber er sieht darin einen „Dauerzustand“, das Produkt der im befruchteten Ei enthaltenen Entwicklungskräfte, denen die Erbeigenschaften beider Eltern und ihrer Ahnenreihe den Stempel geben. — Auf der anderen Seite haben dagegen Martius, Kraus¹¹⁾, Brugsch¹²⁾, A. Hoffmann¹³⁾, Veit¹⁴⁾, ich¹⁵⁾ und andere (Chvostek, Fr. Müller) es abgelehnt, unter Konstitution nur *ererbte* Eigenschaften zu verstehen. Kraus hat ausdrücklich das Bestehen einer erworbenen neben einer vererbten Konstitution anerkannt und sie als in der physiologischen Organisation begründet bezeichnet, einen für die Veränderlichkeit des Organismus bedeutungsvollen inneren Faktor. Auch Martius¹⁶⁾ spricht von einer erworbenen Konstitution, zu der er die erworbene Immunität und jede

²⁾ Heding, Die Konstitutionslehre in der modernen Medizin, Naturwiss. Wschr. 1916, N. F., Bd. 15, Nr. 47.

³⁾ Tönniessen, Ergebn. d. inn. Med. 1919, Bd. 17.

⁴⁾ Kahn, Konstitution, Erbbiologie und Psychiatrie, Ztschr. f. Neurol. u. Psych. Bd. 57.

⁵⁾ Kretschmer, Körperbau und Charakter, Berlin 1921, b. Springer.

⁶⁾ Fr. Kraus, Die allgem. u. spez. Pathologie d. Person. Leipzig 1919.

⁷⁾ Brugsch, Konstitution und Infektion, Berl. klin. Wschr. 1918, Nr. 22; Allgem. Prognostik, Berlin 1918.

⁸⁾ A. Hoffmann, Herz und Konstitution, Jahresschr. f. ärztl. Fortbildung 1918.

⁹⁾ Veit, Rektoratsrede, Wiesbaden 1911, bei Fr. Bergmann.

¹⁰⁾ Lubarsch, Jahresschr. f. ärztl. Fortbildung 1915 u. Dtsch. med. Wschr. 1917, Nr. 44.

¹¹⁾ Konstitution und Vererbung, 1914, bei Jul. Springer.

²⁾ Driesch, Philosophie d. Organischen. Leipzig 1909.

³⁾ Siemens, Über die Begriffe Konstitution u. Disposition, D. med. Wschr. 1919, Nr. 13.

⁴⁾ Hart, Konstitution und Krankheit. Ztsch. f. Geburtsh. u. Gynäkol. Bd. 74; Konstitution und Disposition, Berl. klin. Wschr. 1918, Nr. 37.

⁵⁾ Tandler, Konstitution u. Rassenhygiene, Ztschr. f. angew. Anat. u. Konstitutionslehre 1913, Bd. 1.

⁶⁾ Bauer, Jul., Die konstitutionelle Disposition zu inneren Krankheiten. Berlin 1917, J. Springer.

durch Gifte bedingte spezifische Veränderung der Körpervfassung versteht. *Hoffmann*¹⁷⁾, der sich, wie manche andere, meiner Definition des Konstitutionsbegriffs anschließt, betont, daß sie schon wegen der Schwierigkeit des Urteils über Ererbtes und Erworbenes zu empfehlen sei, da sie nichts vorwegnahme, was unbekannt, und nichts behauptet, was nicht sicher sei. Ich kann in der Tat in der Betonung, daß Konstitution stets etwas Ererbtes sei, nicht den geringsten Vorteil für die Forschung erblicken, sondern sehe darin im Gegenteil eine große Erschwerung, die nur zu sehr geeignet ist, die Probleme zu verdunkeln und zu einem einseitigen Radikalismus zu führen. Auch hier scheinen mir die Worte zu gelten, die *Virchow* in seinem Aufsatz über „Krankheitsursachen und Krankheitswesen“ (V. Arch. Bd. 79, S. 196) schrieb: „... Aber vergeblich wird man mich zu bestimmen suchen, in der einen oder der anderen Richtung mich einem einseitigen Radikalismus in die Arme zu werfen und über Erbllichkeit und den embryonalen Dingen den Erwachsenen im Kampf mit den äußeren Ursachen zu vergessen oder umgekehrt, vor lauter Ursachen nicht das ererbte Leben sehen zu wollen.“ Ich habe oben schon darauf hingewiesen, daß „durch das Keimplasma bestimmt“ und „vererbt“ sich nicht decken, da es Schädigungen und primäre Variationen der Keimzellen gibt, die noch in keiner Ahnenreihe aufgetreten waren, also nicht „ererbte“ sind, aber natürlich für die Konstitution und besonders die „Konstitutionsanomalien“ von hervorragender Bedeutung sind. Die Entscheidung, was angeboren, vererbt und erworben ist, ist zudem um so schwieriger, als der Konstitutionstypus keineswegs immer schon beim Säugling oder Kind scharf ausgeprägt ist¹⁸⁾, sondern gar nicht selten erst in der Reifungszeit klar hervortritt, was besonders von „Konstitutionsanomalien“ gilt, und ferner die Erfahrungen über die latente (rezessive) Vererbung und die Notwendigkeit, bei Vererbungsfragen die gesamte Ahnenreihe zu berücksichtigen, es häufig unmöglich macht, zu entscheiden, was vererbt ist und was nicht. Wenn *Kraus* in einem gewissen Bestreben, die Gegensätze zu überbrücken, darauf hinweist, daß auch der „Phänotypus“ vom „Genotypus“ abhängig sei, so hat er gewiß Recht; dann aber bedeutet die Betonung des Ererbten in der Konstitutionslehre nichts als eine Selbstverständlichkeit, nichts anderes, als daß durch äußere Faktoren aus einem Organismus nichts herausgeholt werden kann, was nicht in ihm angelegt ist, und daß, wie *Driesch* es ausgedrückt hat, jedes Lebewesen eine „prospektive Potenz“, ein mögliches, und eine „prospektive Bedeutung“, ein wirkliches Schicksal hat. In diesem Sinne ist

¹⁷⁾ Jahreskurse f. ärztl. Fortbildg. 1918.

¹⁸⁾ *Sigaud* (la forme humaine 1914) behauptet zwar, daß die von ihm und anderen aufgestellten Typen (digestiver, respiratorischer, muskulöser und zentraler Typus) schon beim Säugling zu erkennen sind!

natürlich gegen eine Betonung des Ererbten an sich nichts einzuwenden, dann ist sie aber auch vollständig wertlos und wird besser fortgelassen. Eine Unterscheidung, wie sie *Tandler* versucht zwischen „Konstitution“ und „Kondition“, wobei er unter ersterem die unveränderlich gegebene Reaktionsfähigkeit, unter letzterem die Summe der veränderlichen Eigenschaften, die auf Reiz mit einer Veränderung reagieren, versteht, ist praktisch vollständig undurchführbar und auch theoretisch nicht zu begründen, wenn man nicht *Semons* fruchtbaren Gedanken von der „Mneme“ als erhaltendes Prinzip im Wechsel des Geschehens vollständig ablehnt, was mit den Tatsachen kaum vereinbar sein dürfte.

Die oben angeführte Begriffsbestimmung von *Tönnies* und auch die von *Tandler* scheint sich nur auf das Körperliche zu beziehen; aber bei *Tandler*, der zwar die Konstitution als „somatisches Fatum“ bezeichnet, wird doch das Seelische mit eingeschlossen, wenn er schreibt, daß *Botticelli*, weil er „Hypotoniker“ war, notwendigerweise als Maler das Hypotonische, und der „Hypertoniker“ *Michel Angelo* mit der gleichen Notwendigkeit das Hypertonische malen mußte. Nur *Loehlein*¹⁹⁾ will unter Konstitution nichts als körperliche Veranlagung verstehen. Wie unberechtigt das ist, zeigen nicht so sehr die Untersuchungen von *Binswanger* und *Schaxel*²⁰⁾, wonach schon Anomalien der Hirnschlagadern zu Geisteskrankheiten disponieren sollen, als die sehr bemerkenswerten Untersuchungen der Tübinger psychiatrischen Klinik, die in dem anregenden Buch *Kretschmers* über „Körperbau und Charakter“ zusammengefaßt sind. Die darin festgestellten Beziehungen zwischen Körperbau, Charakter und Temperamenten, der Nachweis, daß bestimmte geistige Anomalien und Anlagen vorwiegend bei einem bestimmten Körperbau sich finden (die schizophrene Anlage bei asthenischem, athletischem und dysplastischem Körperbau, die zirkulären dagegen bei pyknischem und pyknisch-gemischtem Körperbau), beweisen besser als alle spekulativen Erörterungen, daß zwischen körperlicher und seelischer Anlage so enge Beziehungen bestehen, daß man den Konstitutionsbegriff nicht auf körperliche Veranlagung beschränken kann.

Vielleicht die wichtigste Frage ist die, ob man unter Konstitution lediglich morphologische Eigenschaften zu verstehen hat oder funktionelle. Auch diese Frage sollte beinahe als überflüssig erscheinen, denn daß Funktion und Gestalt untrennbar miteinander zusammenhängen, ist eine so vollkommen gesicherte Tatsache, daß man darüber nicht mehr zu streiten pflegt, sondern höchstens darüber, ob die Gestaltung die Leistung oder umgekehrt Leistung die Gestalt bestimmt. Aber für eine klare Begriffsbestimmung ist es

¹⁹⁾ *Loehlein*, Die Begriffe „Konstitution“ und „Disposition“, Med. Klinik 1918.

²⁰⁾ Beitr. z. norm. u. pathol. Anat. d. Art. d. Gehirns, Arch. f. Psych., Bd. 58.

wichtig, das Funktionelle in den Vordergrund zu stellen oder wenigstens mit heranzuziehen. Die überwiegende Anzahl der Autoren, besonders der Kliniker, stellt daher auch das Funktionelle in den Vordergrund, wenn die Fassung, in der sie das tun, auch verschieden ist²¹⁾. Wenn andere, wie z. B. *Biedl*²²⁾, dies nicht tun; und Konstitution als Summe oder Inbegriff der gesamten Organisationsverhältnisse des Körpers bezeichnen, so darf man wohl annehmen, daß sie das nur tun, weil sie für das praktische Studium der Konstitution das morphologische als ein besonders wichtiges Kriterium und Untersuchungsmittel betrachten, aber stillschweigend die Beziehungen zwischen Form und Leistung und Reaktion als selbstverständlich voraussetzen. Mir scheint aber mit Rücksicht auf die Frage der Konstitutionsanomalien die Betonung des Funktionellen unerlässlich, weil sonst jeder Fehler der Körperversaffung als Konstitutionsanomalie angesehen werden müßte (z. B. jeder Knochenbruch, jede Narbe usw.), während aber tatsächlich nur solche Fehler zu den Konstitutionsanomalien gerechnet werden, die die Reaktion in abnormer Weise zu beeinflussen imstande sind.

Zur 4. Frage endlich ist folgendes zu bemerken: *Martius* möchte eine allgemeine Konstitution, die als eine allen Körperzellen gleichmäßig zukommende Eigenschaft angesehen werden müßte, nicht anerkennen. *Kraus* hat dagegen am schärfsten und immer erneut die Einheitlichkeit des Organismus betont und wenn er auch konstitutionelle Anomalien anerkennt, doch selbst hier eine Einheitlichkeit feststellen wollen, indem er meint, daß das Konstitutionelle sich in allen Organen und Teilen individuell charakteristisch auspräge. Auch ich bin für die Annahme einer Allgemeinkonstitution eingetreten, ohne deswegen Teilkonstitutionen zu leugnen, und ich habe besonders verwiesen auf die bewundernswerte bei manchen Individuen und Familien vorhandene Widerstandsfähigkeit, körperliche und geistige Frische bis ins höchste Alter, die sich auch anatomisch in einer ungewöhnlich geringen Abnutzung aller Organe und Gewebe, ja der einzelnen Zellen ausprägt. Je mehr wir kennen gelernt haben, daß die innersekretorischen Organe die Gesamtkonstitution zu beeinflussen vermögen, um so mehr wird

es aber auch verständlich, daß zwischen Annahme einer Allgemeinkonstitution und Organ-, Gewebs- und Zellenkonstitution kein Widerspruch besteht und Allgemeinkonstitution nicht einfach die Summe der Teilkonstitutionen zu sein braucht und eine Gleichmäßigkeit in der Beschaffenheit aller Zellen zur Voraussetzung hat. Es gilt hier in hohem Maße das, was *Virchow* gelegentlich über „konstitutionelle Übel“ bemerkt (*Geschwülste I*, S. 118). „Faßt man den Konstitutionalismus in der Weise auf, daß man sagt, ein gewisser Lokalzustand hat gewisse Beziehungen zu dem übrigen Körper, dann ist allerdings nichts lokal, denn alles, was im Körper besteht, hat gewisse Beziehungen zu dem gesamten Körper. Eine vollständige Isolierung, so daß das Ding gleichsam wie auf einer Insel lebte, kommt überhaupt gar nicht vor.“ So wird naturgemäß auch eine abnorme Teilkonstitution die Gesamtkonstitution beeinflussen, ohne daß doch beide zusammenzufallen brauchen. —

Nach diesen Auseinandersetzungen können wir uns dazu wenden, den Begriff der Konstitution festzulegen. Welche Fassung man wählt, ist natürlich bis zu einem gewissen Grade Geschmackssache, und jeder Autor wird seine Fassung für die empfehlenswerteste halten. Wenn man die oben angeführten Fassungen von *Chvostek*, *Kraus*, *Schwarz* und *His* untereinander und mit der von mir vorgeschlagenen vergleicht, wird man finden, daß sie sich grundsätzlich in nichts unterscheiden und auch wörtliche Übereinstimmungen zeigen. Wenn ich an meiner Fassung, wonach man unter Konstitution zu verstehen hat „diejenige Beschaffenheit (oder Verfassung) des Organismus, von der seine besondere Reaktion (die Art der Reaktion) auf Reize abhängt“, festhalte, so geschieht das vor allem, weil sie mir die einfachste und umfassendste Formulierung zu sein scheint, die besonders scharf auch die Abgrenzung gegenüber den oft als gleichbedeutend gebrauchten Begriffen „Disposition“ und „Diathese“ ermöglicht. Vor allem aber möchte ich mich gegen die Begriffsbestimmungen wenden, die bei dem Konstitutionsbegriff immer nur das Pathologische im Auge haben. Wenn z. B. *Hart* unter Konstitution die Summe aller der Faktoren versteht, von denen im wesentlichen die größere oder geringere Widerstandskraft des Körpers gegen von außen kommende Schädigungen bedingt ist, so ist diese Begriffsbestimmung viel zu eng und läßt gar keinen Raum für die normale Konstitution, und wenn gar *W. A. Freund* als Konstitution bezeichnet „eine meistens angeborene, manchmal erworbene konstante Beschaffenheit des Körpers in seinen festen und flüssigen Bestandteilen, die ihn zu Erkrankungen und zu schwerem Verlaufe der Krankheit in besonderem Maße geeignet macht“, so hat er so viel zusammengeworfen, daß das mit allen unseren oben gemachten Feststellungen nicht vereinbar ist und vor allem eine Trennung der Begriffe „Konstitution“ und „Disposition“ ganz unmöglich macht. Vor

²¹⁾ Es seien nur einige Beispiele angeführt: *Chvostek* (W. kl. Wschr. 1912, Nr. 1): „jeweilige Körperversaffung, die der Effekt der im Körper sich abspielenden Lebensprozesse ist und bewirkt, daß derselbe in ganz eigenartiger Weise auf alle . . . Prozesse reagiert.“ *Kraus* (a. a. O.): „originäre oder modifizierte Anlage, auf äußere Einflüsse in bestimmter, individuell abweichend charakterisierter Weise zu reagieren.“ *Schwarz*: angeborene oder erworbene quantitative oder qualitative Reaktionsfähigkeit eines Individuums auf physiologische und pathologische Reize. *His* (Verh. d. dtsh. Kongr. f. inn. Med. Bd. 28, 1911): „. . . individueller, angeborener, oftmals vererbter Zustand, der darin besteht, daß physiologische Reize eine abnorme Reaktion auslösen.“

²²⁾ Innere Sekretion, 3. Aufl., 1916.

allem muß betont werden, daß der *Konstitutionsbegriff kein der Pathologie allein angehöriger ist, sondern ebenso ein physiologischer und normal anatomischer, ja anthropologischer ist.*

Es ergibt sich damit auch gleich eine klare Stellung zur Frage der *Konstitutionsanomalien* und *konstitutionellen Krankheiten*. Ich habe oben bereits betont, daß nicht jede angeborene, ererbte oder erworbene Abweichung von der „normalen“ (d. h. der durchschnittlichen der betreffenden Rasse entsprechenden) Konstitution als Konstitutionsanomalie betrachtet werden darf, sondern nur solche, die eine Änderung der Reaktionsart bedingen. Noch weniger darf man als Kriterium der Konstitutionsanomalie das Verhalten gegenüber äußeren Schädigungen betrachten, etwa in dem Sinne, daß jede Konstitutionsanomalie gleichzeitig „Krankheitsdisposition“ wäre. Konstitutionsanomalie kann gleichzeitig Krankheitsdisposition, ein zur Entstehung von Krankheiten disponierender Faktor sein, *braucht* es aber nicht zu sein. Diese Ansicht wird von den meisten Autoren, so von *Kraus*, *Hart*, *Heraheimer*²³⁾, *A. Hoffmann*, *Neumann*²⁴⁾ u. a. geteilt, wobei es natürlich nichts ausmacht, wenn Meinungsverschiedenheiten darüber bestehen, welche Konstitutionsanomalie zu bestimmten Krankheiten disponiere — so will z. B. *Neumann* nicht zugeben, daß der Thoraxphthisicus eine Konstitutionsanomalie sei und gleichzeitig zur Tuberkulose disponiere. Unter *konstitutionellen Krankheiten* dürfte man scharf genommen nur solche Krankheiten verstehen, die ausschließlich auf Grund einer abnormen Konstitution sich entwickeln, wie das *Marchand*²⁵⁾ tatsächlich annimmt, wenn er davon spricht, daß es Eigentümlichkeiten der Organisation oder Konstitution gäbe, die ohne notwendiges Hinzutreten einer anderen Ursache die krankhaften Veränderungen zur Folge haben. In diesem Sinne kann man wohl höchstens die Hämophilie, die Farbenblindheit, manche Nerven- und Geisteskrankheiten, vielleicht auch den Infantilismus und Mongolismus als „konstitutionelle Krankheit“ bezeichnen, bei den meisten übrigen Krankheiten wird es sich aber vielmehr darum handeln, festzustellen, welche Bedeutung Konstitutionsanomalien für Entstehung und Verlauf der Krankheiten besitzen. Das scheinen mir Dinge, die recht scharf getrennt werden müssen und die in dem verdienstvollen Buch von *Jul. Bauer* und auch bei *Martius* leider durcheinander geworfen sind, wenngleich *Martius* selbst dafür eintritt, den Begriff „konstitutionelle Krankheiten“ ganz fallen zu lassen. Der gründlichste Versuch, den konstitutionellen Faktor bei Entstehung und Ver-

lauf von Krankheiten in seinen anatomischen und funktionellen Eigenschaften herauszuschälen, hat *Kretzschmer* in seiner äußerst lehrreichen und anregenden Studie über Körperbau und Charakter gemacht, wo besonders deutlich die gleitenden Übergänge zwischen Normalem und Pathologischem, ganz im Sinne *Virchow*scher Anschauung von der grundsätzlichen Übereinstimmung krankhafter und normaler Lebensvorgänge, hervorgehoben sind. Das ist der Weg, den die Forschung mit Aussicht auf Erfolg weiter gehen muß. Deswegen wird es auch richtig sein, den Begriff „konstitutionelle Krankheiten“ in dem Sinne, daß man etwa die speziellen Krankheiten in konstitutionelle und nichtkonstitutionelle einteilen könnte, aufzugeben. Besonders gefährlich erschiene mir eine Begriffsbestimmung, wie sie *Röfle*²⁶⁾ versucht, daß man unter Konstitutionskrankheiten Erkrankungen des Gesamtorganismus ohne erkennbare anatomische Lokalisation zu verstehen habe, wo also im wesentlichen unsere Unkenntnis als Einteilungsgrundsatz benutzt werden müßte. Der alte Begriff des Konstitutionalismus, der sich, wie das vor allem *Virchow* bewiesen hat, mit der Verallgemeinerung (Generalisation) fast deckte, wobei also eine primäre Herderkrankung zu der Allgemeinkrankheit führt, hat für uns keinen Wert mehr und ist durch klarere Bezeichnungen längst ersetzt. Auch eine Ordnung und Einteilung der Konstitutionsanomalien, wie sie von *Martius*, *Ribbert*, *Bauer*, *Röfle* u. a. versucht worden ist, scheint mir keine dringende Aufgabe zu sein, da sie zurzeit höchstens vorübergehenden Wert besitzt und meist auch sehr subjektiv gefaßt ist. Wenn *Bauer* z. B. die Konstitutionsanomalien in solche morphologischer, funktioneller, evolutiver und involutiver Natur einteilt, so würde diese Einteilung — abgesehen davon, daß sie schon formal logisch unhaltbar ist — mit unserem Konstitutionsbegriff gar nicht übereinstimmen, da nach unserer Auffassung jede Konstitutionsanomalie funktioneller Natur ist.

Viel wichtiger erscheinen die Fragen nach den *Methoden der Konstitutionsforschung*, womit auch die Fragen nach den Konstitutionstypen und den Beziehungen zwischen endokrinem System und Konstitution zusammenhängen. Es ist eigentlich selbstverständlich, daß alle Methoden, die wir bei exakter naturwissenschaftlicher Forschung verwenden, auch in der Konstitutionsforschung verwendet werden müssen, daß wir uns nicht auf klinische „Eindrücke“ (*Siemens*) verlassen dürfen, sondern ein möglichst großes in Zahl und Maß ausdrückbares Tatsachenmaterial herbeischaffen müssen, damit die Konstitutionslehre wissenschaftlich sicher begründet wird. Dazu gehören anatomische, histologische, chemische, serologische und experimentelle Untersuchungen. Und deswegen ist auch der von *Kraus* zuerst einge-

²³⁾ G. Heraheimer, Ziegl. Beitr. 1919, Bd. 65, Heft 1.

²⁴⁾ W. Neumann, Beitr. z. Klin. d. Tub., Bd. 40, 1919.

²⁵⁾ F. Marchand, Einleitung zu seinem Handb. d. allg. Pathol., Bd. I.

²⁶⁾ Röfle u. Anhoff, Lehrb. d. Pathol. Bd. I, u. M. med. Wschr. 1917, Nr. 37.

schlagene und von *Brugsch*²⁷⁾ weiter beschrittene Weg, in der Ermüdung oder, wie *Brugsch* sagt, in der Arbeitsenergie einen Gradmesser für die Konstitution zu finden, gewiß bedeutungsvoll, so einseitig er zunächst erscheinen mag. Aber er ist nur ein Weg, und sicherlich keiner, der allein zum Ziele führt, sondern von dem noch zahlreiche andere abzweigen müssen, bevor das Ziel erreicht wird. Deswegen muß man sich der außerordentlichen Schwierigkeiten bewußt sein, die allen Untersuchungsmethoden auf diesem Gebiete entgegenstehen. Zweifellos ist die gesamte Funktionsprüfung der einzelnen Organe, wie sie wohl *Martius* zuerst zum Zwecke der Konstitutionsforschung eingeführt hat, wertvoll, aber ein objektives Maß der Konstitution kann die Funktionsprüfung schon deswegen nicht liefern, weil die Funktionen der meisten Organe nicht einfach, sondern verwickelt sind, und die Einwirkungen sekundärer Einflüsse der Umwelt kaum sicher abgeschätzt werden können und Abweichungen der Funktion oft genug nichts als Anzeichen einer krankhaften Veränderung der Organe sind. Zuverlässigere Ergebnisse kann daher wohl die anatomische und histologische Forschung ergeben, wenn sie sich auf ein sehr großes, nach allen Richtungen gut bekanntes, möglichst den Schädigungen der Außenwelt noch nicht ausgesetztes Material stützt und mit den zuverlässigsten Methoden vorgenommen wird. Wenn wir z. B. bei sehr jugendlichen Personen, bei denen Syphilis auszuschließen ist, ein Aneurysma einer Gehirnschlagader und in dem betreffenden Ast und vielleicht auch anderen, noch nicht aneurysmatischen Ästen abnormen Bau der Media nachweisen können, so werden wir geneigt sein, in dem abnormen Bau den konstitutionellen Faktor für die ungewöhnlich frühzeitige Entstehung des Aneurysmas zu sehen. Wenn wir aber bei 80- bis 90-jährigen Personen weder wesentlich erweiterte, noch sklerotische Schlagadern finden, wie das ja nicht allzu selten der Fall ist, so ist es noch keineswegs sicher, daß diese Intaktheit einer ungewöhnlichen Konstitutionsstärke zu verdanken ist, sondern wir werden das erst dann überzeugend nachweisen können, wenn wir wissen, was für äußere und innere Schädlichkeiten auf das betreffende Individuum im Verlaufe seines langen Lebens eingewirkt haben oder haben können. Denn es ist gar kein Zweifel, daß die individuellen Unterschiede besonders im zeitlichen Eintritt krankhafter Veränderungen auf Einwirkungsart und -dauer. (*Qualitäts- und Quantitätsfaktor*) beruhen können. Das ist sehr zu berücksichtigen bei der Aufstellung von *Konstitutionstypen*. Wie schwer hier zurzeit Klarheit und Übereinstimmung zu erzielen ist, ergibt sich aus den zahlreichen verschiedenen Typen, die unterschieden werden und für die wirklich einwandfreie Merkmale aufzustellen bisher nicht ge-

lungen ist. Besonders weit gegangen in dieser Hinsicht ist *Ribbert*²⁸⁾, der eine hypoplastische, asthenische und lymphatische Konstitution, eine arthritische, exudative und Gallensteindiathese und endlich sogar eine „verbrecherische Konstitution“ (sit venia verbis!)²⁹⁾ unterscheidet, während *Bauer* nur 4 Typen — einen lymphatischen, hypoplastischen, vago- und sympathikotonischen Typus — unterscheidet und wieder andere die Rachitis und Enteroptose als einen Konstitutionstypus ansehen. Sehr viel greifbarer sind jedenfalls die 4 Körpertypen, die *Kretschmer* aufstellt — den athletischen, asthenischen, pyknischen und dysplastischen mit ihren natürlich gegebenen Mischformen —, zumal wenn sie sich auf ein so bis in alle Einzelheiten ausgearbeitetes Konstitutionsschema stützen, wie es auf Seite 2—5 seines Buches angegeben ist. Aber selbst hier sind noch außerordentlich große Schwierigkeiten zu überwinden, auch hier muß noch ein großes Material zum Vergleich herangezogen werden. Wie außerordentlich schwer es endlich ist, festzustellen, wo und in welchen Fällen es sich um eine Konstitutionsanomalie handelt, zeigt die Geschichte des „Status thymico-lymphaticus und lymphaticus“, in dem zweifellos konstitutionelle und exogene Faktoren zum Ausdruck kommen können und in vielen Fällen scharf unterscheidende Merkmale zwischen beiden Arten bisher fehlen. Noch viel mehr gilt das natürlich von den „bindegewebigen Konstitutionsanomalien“, wie sie von einigen Autoren, z. B. den *Bierschen* Schülern *Vogel*³⁰⁾ und *Klapp*, vertreten werden. Sicherlich ist es möglich, daß es etwas Derartiges gibt, daß eine besondere Schwäche oder auch wohl besondere Stärke oder auch verkehrte Funktion des gesamten Stützapparats vorkommt — aber klar bewiesen ist hier noch nichts; es handelt sich meistens nur um „klinische Eindrücke“.

Eine besondere Rolle spielen die *innersekretorischen Organe* in der Konstitutionslehre, und zwar nach zwei Richtungen — einmal insofern die Konstitution durch die innersekretorischen Organe beeinflusst wird, andererseits darin, daß nach Meinung einiger Autoren Erkrankungen der endokrinen Organe stets auf konstitutioneller Grundlage erfolgten, so daß die Konstitutionsanomalie eine „obligate Bedingung“ (*Bauer*) für die Entstehung der Erkrankung sei. Wirkliche Beweise für diese Annahme bestehen bisher nicht; wenn *Bauer* meint, daß die endokrinen Organe bei akuten und chronischen Infektionen

²⁸⁾ *Ribbert*, Die Konstitution d. Menschheit, D. m. Wschr. 1917, Nr. 52.

²⁹⁾ Hier berührt sich die Konstitutionsfrage mit der der Entartung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Nur sei darauf hingewiesen, daß die meisten Vertreter der Psychiatrie von der Bewertung einzelner Degenerationszeichen ganz zurückgekommen sind (vgl. z. B. *Bumke*).

³⁰⁾ *Vogel*, Die allgem. Asthenie d. Bindegewebe usw. M. med. Wschr. 1913, Nr. 16.

²⁷⁾ *Brugsch*, Berl. kl. Wschr. 1918, Nr. 22, u. Allgem. Prognostik. Urban & Schwarzenberg, Berlin 1918.

„äußerst selten“ erkrankten, so ist das sicher ganz falsch. Schilddrüse und Nebenniere erkranken dabei, wenn man auch die mikroskopischen Ergebnisse berücksichtigt, recht häufig, auch Hypophyse und Hoden häufig, Pankreas nicht gerade selten und höchstens für Thymus, chromaffines System und Eierstock kann man das seltene Betroffensein zugeben, aber auch längst nicht für alle Infektionskrankheiten (s. z. B. die häufige Beteiligung des Thymus bei der angeborenen Syphilis). Auf der anderen Seite ist es aber sicher und durch neue sehr wertvolle Versuche von Adler und Hart bewiesen, daß die endokrinen Drüsen schon im embryonalen Leben die Entwicklung beeinflussen, ja Hart ist sogar der Meinung, daß sich ihre Wirkung bereits in der stammesgeschichtlichen Entwicklung geltend macht. Daß somit die Gesamtkonstitution durch die innersekretorischen Organe wesentlich beeinflusst werden kann, ist um so weniger zu bezweifeln, als ja die sämtlichen innersekretorischen Organe sich wieder gegenseitig beeinflussen, ja schließlich überhaupt ein gegenseitiges Abhängigkeitsverhältnis aller Zellen voneinander besteht; Kraus spricht deswegen davon, daß die endokrinen Organe dem Körper seine „Konstitutionsharmonie“ verleihen. Gerade dadurch — durch die Abhängigkeit aller hormonalen Organe voneinander — wird es ungemein erschwert, den Ort der primären Störung zu bestimmen, und damit ergibt sich die weitere Schwierigkeit festzustellen, ob die abnorme Funktion hormonaler Organe eine ursprüngliche, in der Keimesanlage begründete oder eine durch Schädigungen erst später herbeigeführte ist. Gerade Hart, der sonst eine große Neigung hat, der Keimesanlage für die Entstehung von Abnormitäten eine überragende Rolle zuzuschreiben, hat gezeigt, wie sehr die Leistung der hormonalen Organe von äußeren Einflüssen abhängig ist. Mir scheint das ein weiterer Grund gegen die Neigung, den Konstitutionsbegriff auf ererbte Eigenschaften zu beschränken, während bei der von mir vertretenen Formulierung die Beeinflussung der Konstitution durch die innersekretorischen Drüsen zweifellos erscheint.

Es erübrigt sich, auf die Abgrenzung der Konstitution von *Dyskrasie*, *Diathese* und *Disposition* einzugehen. Der Begriff der Dyskrasien ist um so mehr fallen gelassen worden, je mehr es sich gezeigt hat, daß es sich bei allen diesen Fragen um *zelluläre Probleme* handelt und die Veränderungen der Säfte niemals selbständig vor sich gehen, sondern von den Zellen abhängig sind. Nichts hat das besser gezeigt als die Lehre von den Hormonen und den Abwehrfermenten, wobei es immer wahrscheinlicher wird, daß die Bildung derartiger Stoffe eine allgemeine Zelleigenschaft ist und die eigentlichen „endokrinen“ Drüsen nur in hervorragendem Maße daran beteiligt sind. Dagegen wird die Bezeichnung „Diathese“ vielfach noch aufrechterhalten. Ein

zwingender Grund dafür scheint mir nicht zu bestehen, um so weniger, als ursprünglich schon die Bezeichnung in mehrfacher Bedeutung verwendet wurde und bald Krankheitsanlage, bald Krankheitsursache, bald die Krankheit selbst bedeutete. Das zeigt z. B. die leider immer noch sehr viel gebrauchte Bezeichnung „hämorrhag. Diathese“, die als Krankheitsbezeichnung verwendet wird, wenn die wesentlichen Krankheitsanzeichen in dem Auftreten zahlloser Blutungen im Körper — besonders der Haut, Schleim- und serösen Häuten — bestehen, obgleich wir doch wissen, daß es sich um Krankheiten der verschiedensten Ätiologie handelt, und infektiöse und chemische Schädlichkeiten (im weitesten Sinne) die größte Rolle, eine besondere Diathese aber gar keine Rolle spielt. (Denn bei der Hämophilie, wo noch am ehesten von einer besonderen „hämorrhag. Diathese“ die Rede sein könnte, ist das typische Bild der zahlreichen Blutungen meist nicht vorhanden.) Sieht man sich zudem die neuere Literatur durch, so ergibt sich, daß auch dort keine Übereinstimmung über die Verwendung des Begriffes besteht und er bald im Sinne der Konstitution, bald in dem der Disposition verwendet wird. Nur darin ließe sich noch ein Unterschied gegenüber dem Konstitutionsbegriff feststellen, daß dieser ein allgemein biologischer, jener aber ein rein pathologischer ist; dadurch fällt er aber mit dem der „Konstitutionsanomalie“ zusammen. In der französischen Literatur ist allerdings der Begriff der Diathesen ein so verwickelter und verschwommener — z. B. der der arthritischen Diathese, der für Gicht, Fettsucht, Arteriosklerose, Diabetes usw. verwendet wird und nahezu alles umfaßt, was es gibt —, daß man unter Diathesen „gemischte Konstitutionsanomalien“ zu verstehen geneigt sein könnte. Aber hier erscheint mir alles noch so wenig begründet, daß besondere Bezeichnungen völlig überflüssig erscheinen. Wenn z. B. bei einem Diabetiker gleichzeitig Arteriosklerose, Fettsucht und Steinleiden gefunden werden, braucht der konstitutionelle Faktor überhaupt keine wesentliche Rolle zu spielen, und die Verbindung kann sich in einfacher Weise dadurch erklären, daß eine Sklerose der Pankreasarterien zur Pankreasschrumpfung und dadurch Diabetes führte, der so häufig mit Störungen des Fettstoffwechsels einhergeht und die Fettsucht bewirkt, während ein dabei vorhandenes Gallensteinleiden Folge der durch die Pankreasverhärtung bewirkten mechanischen Erschwerung des Gallenabflusses sein kann. Es würde daher sehr zur Klärung beitragen, wenn man die Bezeichnung „Diathese“ ganz fallen ließe.

Anders steht es dagegen mit dem *Dispositions*-begriff, den ich möglichst scharf vom Konstitutionsbegriff abzugrenzen versucht habe, indem ich unter Disposition die Beschaffenheit des Organismus verstehe, die es äußeren Einflüssen überhaupt erst ermöglicht, als Reize zu wirken.

die somit die *Voraussetzung für die Wirkung schädigender Einflüsse* ist. Die ganz überwiegende Anzahl der neueren Forscher hat sich dieser Definition angeschlossen (*Herzheimer, Kraus, Hoffmann, Neumann*, z. T. auch *Tendeloo*) und selbst *Hart*, der, wie oben mehrfach hervorgehoben, in der Formulierung des Konstitutionsbegriffs von mir abweicht, hat sich hinsichtlich des Dispositionsbegriffs mir angeschlossen und meine Formulierung für besonders geeignet erklärt, einen scharfen Unterschied zwischen Konstitution und Disposition zu machen. Nebensächlich erscheint es mir dabei, ob man unter Disposition stets eine *örtliche* Eigentümlichkeit sehen will oder auch *Allgemeindisposition* anerkennt. Nur *Brugsch* will den Dispositionsbegriff nur für das Gebiet der Infektionskrankheiten, nicht aber für die gesamte Pathologie gelten lassen. Offenbar weil er unter Disposition etwas lediglich Negatives, die mangelhafte Widerstandskraft gegen Schädlichkeiten sieht, was aber in meiner Formulierung nicht liegt. Im Gegenteil wird durch sie der Dispositions- wie der Konstitutionsbegriff aus einem rein pathologischen zu einem allgemein biologischen. — Besondere Einteilungen des Dispositionsbegriffs vorzunehmen, scheint mir nicht unbedingt nötig. Für diejenigen, die unter Konstitution etwas in der Keimanlage bedingtes sehen, würde es aber Sinn haben, eine *konstitutionelle* und eine *erworbene* und vielleicht noch eine *gemischte* Disposition zu unterscheiden, während für diejenigen, die zwar zugeben, daß Konstitution ein dispositioneller Faktor sein kann, in der Konstitution aber nicht allein etwas „Erbtes“ sehen, dies überflüssig ist. Der Gegensatz zur konstitutionellen Disposition müßte

als akzidentelle Disposition bezeichnet werden. Hauptaufgabe der Forschung aber dürfte es sein, den morphologischen und biochemischen Eigentümlichkeiten nachzuspüren, von denen die örtlich und zeitlich wechselnden Krankheitsdispositionen bedingt sind, wobei sowohl hinsichtlich der Konstitutions- wie Dispositionsfragen die breiteste naturwissenschaftliche Grundlage unbedingt nötig ist und auch die Phylogenie und Ontogenie nicht entbehrt werden kann. Aber schärfste Kritik und Vorsicht im Verallgemeinern ist hier besondere Pflicht, wenn dieser junge (*Erblichkeitslehre* im weitesten Sinne) Zweig naturwissenschaftlicher Forschung nicht in Verruf kommen soll. Auch damit dürfte die Wissenschaft sich noch auf den Wegen befinden, die *Rud. Virchow* ihr vorgezeichnet hat. Selbst wenn man weder die konstitutionellen noch die disponierenden Faktoren für etwas lediglich durch die Keimesanlage Bestimmtes hält, wird man den Sätzen zustimmen müssen, die *Virchow* 1872 niederschrieb: „Ich wenigstens würde es als einen der wesentlichsten Fortschritte der Wissenschaft betrachten, wenn man sich daran gewöhnen wollte, in dem Gange der Untersuchungen über die Ursachen der Erkrankungen der einzelnen Organe die Frage von der ursprünglichen Beschaffenheit desselben mehr in den Vordergrund zu stellen und ihre Erkrankungen mit ihren individuellen Eigentümlichkeiten in Beziehung zu bringen . . . jeder, der unbefangen, an die einzelnen Fälle geht, wird oft genug sich überzeugen können, wieviel von den sogenannten Prädispositionen an die ursprüngliche Einrichtung geknüpft und aus ihr erklärt werden kann.“

Geschwülste.

Von Max Borst, München.

Neben die *Zellulärpathologie* hat *Rudolf Virchow* als zweites monumentum aere perennius seine *Geschwulstlehre* gestellt. Er hat diesen gewaltigen Bau unvollendet gelassen. Die Epigonen haben weiter gebaut, aber nicht an den Grundfesten gerüttelt. Gleichwohl sind durch unendlich mühevollen Arbeit große und bedeutungsvolle Fortschritte erzielt worden. Winden wir die Blüten und Früchte, die dieser Fortschritt gezeitigt hat, zu einem Kranze und legen wir ihn voll Dankbarkeit auf das Grab des Meisters.

Die schärfere Fassung des Begriffes „echte Geschwulst“ hat die Grenzen zu den Nachbargebieten genauer abstecken lassen. Mit der Definition des Blastoms als eines *autonomen Wachstumssexzesses* ist das Geschwulstproblem zunächst als ein *Wachstumsproblem* charakterisiert. Dann aber ist das *Gewalttätige* und *Unaltruistische* der geschwulstmäßigen Proliferation betont. Jenseits aller Reaktionen und Defensionen, jenseits

also aller regulativen Vorgänge des Körpers, steht das Blastom als eines der größten Rätsel biologischen Geschehens überhaupt. Hier wütet der Körper gegen sich selbst. Betrachten wir das Produkt dieses sinnlosen Wachstums, so stellen wir in jedem Falle eine *Minderwertigkeit* gegenüber dem Mutterboden fest. Morphologisch und funktionell steht das Blastom hinter den entsprechenden Ausgangsgewebe zurück. In diesem Sinne sind die Geschwülste autonome Wachstumsexzesse von *degenerativem* Typus (v. *Rindfleisch*). Das Studium der Strukturen und Architekturen der Geschwülste und der Vergleich mit den entsprechenden normalen Matrices ist von größtem Interesse. Wir gewinnen so die Vorstellung, daß die Geschwülste mehr oder weniger stümperhafte Nachbildungen normaler Gewebe, Organe oder Organsysteme, ja manchmal eines ganzen Organismus sind, und wir können je nach dem Grade des Abirrens vom Typus

homologe (reife) und *heterologe* (unreife) Reihen unterscheiden. Wir müssen uns aber bei diesem Nachspüren nach den Prinzipien der Differenzierung in Geschwülsten immer bewußt bleiben, daß dieser Weg nicht in das Herz des Geschwulstproblems führt. Nicht ein Problem der *Entwicklung*, sondern ein Problem des *Wachstums* liegt vor. Insofern zeigt sich allerdings ein gewisser Parallelismus zwischen Differenzierungshöhe und Wachstumsart, als die reifen Geschwülste in der Regel durch Gutartigkeit, die unreifen durch Malignität ausgezeichnet sind. Aber die Ausnahmen von dieser Regel beweisen doch die Möglichkeit einer selbständigen und unabhängigen Wirksamkeit der Entwicklungs- und der Wachstumsfaktoren. Das ist also bei der Geschwulst nicht anders als bei normalen Bildungen.

Durch die eben besprochene Definition der echten Geschwulst gewinnen wir die Grenze gegenüber dem entzündlichen, regenerativen, kompensatorischen Wachstum. Diese Formen des Wachstums, welche auch unter dem Begriff des *typischen* pathologischen Wachstums zusammengefaßt werden, treten uns oft im Bilde der *Hyperptrophie* und *Hyperplasie*, also in quantitativ stark exzedierender Form, entgegen. Aber den *geschwulstartigen Hyperplasien* fehlt der autonome Charakter. Sie können ihn gewinnen. Dann haben wir jene rätselhafte Grenzüberschreitung vor uns, die den fließenden Übergang einer von Hause aus altruistischen (z. B. regenerativen) Neubildung in eine wilde, unorganisierte, parasitische Zellwucherung eindrucksvoll vor Augen führt.

Die Grenzen des Blastoms gegenüber der geschwulstartigen Hyperplasie sind nicht nur wegen der eben genannten offenkundigen Übergänge unscharf. Es gibt mancherlei Gewebswucherungen, die wir noch nicht sicher klassifizieren können. Wie kurze Zeit ist es erst her, daß die *infektiösen* Granulome mit ihren oft ausgesprochen tumorhaften Wucherungen von den echten Blastomen geschieden wurden! Für *Virchow* gehörten sie noch dazu. Die Hodgkinsche Krankheit wurde früher für ein malignes Blastom (Lymphosarkom) gehalten; jetzt wird sie als Granulom aufgefaßt. Welche Schwierigkeiten bezüglich der systematischen Einordnung bereiten uns heute noch die verschiedenartigen Wucherungen der blutbildenden Gewebe, der sog. *Hämoblastosen*, wie sie *Orth* nennt. Leukämische und pseudo-leukämische Wucherungen werden als hyperplastische Wucherungen anerkannt, so viel Geschwulstartiges diese Neubildungen auch an sich haben. Bei anderen Hämoblastosen ist die Klassifizierung noch umstritten. Viele andere Beispiele ließen sich noch anführen. Ob der gewöhnliche Kropf der Schilddrüse eine Hyperplasie oder eine echte Geschwulst ist, darüber bestehen ebensolche Meinungsverschiedenheiten, wie über die systematische Einreihung der sog. Prostatahypertrophie.

Die fortschreitende Erkenntnis des Wesens und der Ursachen der Krankheiten wird reinigend wirken, und es ist anzunehmen, daß manche Neubildung, die wir zurzeit noch den echten Geschwülsten zurechnen, in eine andere Kategorie untergebracht werden wird. Wenn wir schon solche Schwierigkeiten auf dem Gebiete der pathologischen Neubildungen beim *Menschen* haben, so sollte uns das sehr vorsichtig machen bei der Beurteilung von Geschwülsten und geschwulstartigen Bildungen bei *Tieren*. In die Pathologie der einzelnen Tierarten, insbesondere der niederstehenden, sind wir ja noch sehr wenig eingedrungen, und es ist große Vorsicht geboten bei dem Versuche einer Identifizierung menschlicher und tierischer Geschwulstbildungen.

Ein weiteres Grenzgebiet der Geschwülste sind die *Mißbildungen*. Örtliche Mißbildungen und Doppelmißbildungen können in geschwulstähnlicher Form auftreten. Fehlerhafte Gewebsmischungen, Gewebsversprengungen, Überschußbildungen, abnorme Persistenzen von Geweben können in *hyperplastisches* Wachstum geraten (*Hamartome*, *Choristome* E. Albrechts). Bei asymmetrischen Doppelbildungen kann der eine Partner (Parasit) so rudimentär zur Entfaltung kommen, daß er wie ein unförmiges Gewächs dem anderen Partner (Autositen) irgendwo anhängt oder in ihm eingeschlossen ist. Diesen rudimentären Parasiten, für deren formale Genese die gleichen Erwägungen gelten, wie sie für die Entstehung der Doppelmißbildungen gepflogen werden, können in gewisser Hinsicht jene geschwulstartigen Bildungen an die Seite gestellt werden, welche gegenwärtig als *adulte* oder *coätane Teratome* bezeichnet werden. Das Vergleichsmoment liegt in der *Ausreifung* des Produktes. Die Ausreifung erfolgt in Korrelation zu den Entwicklungs- und Wachstumsvorgängen im Körper des Trägers (*Askanazy*). Darin zeigt sich das Fehlen von Autonomie. Diese Teratome sind also keine Geschwülste, wenn sie auch größere Dimensionen annehmen können. Es handelt sich um Ausdifferenzierung „eiwertiger Keime“ (Urgeschlechtszellen, Ursomazellen, Blastomeren). Die hier gemeinten teratomatösen Produkte finden sich in den Geschlechtsdrüsen, in den Körperhöhlen oder sonstwo im oder am Körper. Sie sind durchaus nicht immer dreikeimblättrig. Häufig treten sie unter dem Bilde der sogenannten *komplizierten Dermoidzysten* hervor, also mit vorwiegender Entfaltung des *Ektoderms*. Es gibt aber auch ganz einseitig entwickelte Formen, und in seltenen Fällen ist es nur ein einsamer Zahn im Eierstock (*Saxer*), der uns einen Hinweis gibt, daß hier ein ursprünglich eiwertiger, totipotenter Keim seine Potenzen in ganz einseitiger Richtung zur Auswirkung gebracht hat. Es ist ein großer Fortschritt in der Onkologie, daß alle diese *geschwulstähnlichen Mißbildungen* in ihrem Wesen richtig erkannt und von den echten Blastomen getrennt wurden. Freilich gibt es auch hier

Übergänge. Örtliche Mißbildungen können echt geschwulstmäßig entarten (*Hamarto-Choristoblastome* E. Albrechts). Pigmentsarkome entstehen z. B. aus Pigmentmälnern. In coätanen Teratomen können einzelne Gewebe blastomatös (gut- oder bösartig) wuchern. Es kann aber auch der ganze eiwertige Keim in allen seinen Teilen ein autonomes Wachstum und die Merkmale der Unreife zeigen. Dann haben wir eine teratomatöse echte Geschwulst, das sogenannte *embryonale, blastomatöse Teratom* vor uns.

Die *allgemeine Morphologie* der Geschwülste läßt in allen Fällen *Parenchym* und *Stroma* unterscheiden. *Virchows histioide* Geschwülste bestehen nicht nur aus einem einzigen Gewebe. Sie sind *organoid* gebaut wie alle Blastome. Nur tritt bei ihnen der Gegensatz zwischen den eigentlichen geschwulstbildenden Zellen (*Parenchym*) und dem Stützgerüst (*Stroma*) nicht so deutlich hervor. In manchen bösartigen Geschwülsten der Bindeesubstanzen wird das Stützgerüst nur von *Gefäßen* dargestellt. Muß so die Lehre *Virchows* von der Trennung in *histioide* und *organoid* Tumoren eine gewisse Berichtigung erfahren, so sind wir doch noch weit davon entfernt, das Verhältnis zwischen *Parenchym* und *Stroma* in Geschwülsten völlig klar zu übersehen.

Das *Parenchym* sind die geschwulstbildenden Zellen. Ihre feinere und feinste Morphologie kann den Mutterzellen weitgehend entsprechen. Andererseits können Geschwulstzellen mancherlei Abweichungen von den entsprechenden normalen Zellen zeigen. Das ist besonders in *malignen* Blastomen der Fall, bei welchen die Schwankungen in Größe, Gestalt, Struktur, Chromatingehalt der Kerne, überhaupt die Variabilität in der individualistischen Ausgestaltung der einzelnen Geschwulstelemente, auffallen. Das sind durchaus primäre Zellstörungen. Es liegt nahe, sie auf einen fehlerhaften Kernteilungsmechanismus zurückzuführen. Pathologische Formen der direkten und der indirekten Kernteilung sind denn auch besonders in den Zellen der malignen Geschwülste häufig gefunden worden. Ob wirklich ganz die gleichen Störungen der Kernteilung auch in *nicht* blastomatösen Wucherungen vorkommen, wie mehrfach behauptet worden ist, das sollte durch sehr genaue Untersuchungen erst noch sicherer begründet werden. Wenn nun auch, wie gesagt, allerlei morphologische Unterschiede zwischen Geschwulstzellen und den entsprechenden normalen Zellen gefunden werden können, so kennen wir doch bis jetzt keine *spezifischen* morphologischen Merkmale der Blastomzellen, auch nicht der malignen. Auch die mit chemischen und sogenannten biologischen Methoden gefundenen Abartungen maligner Geschwulstzellen entbehren der absoluten Spezifität.

Wie die morphologischen, so können auch die *funktionellen* Eigentümlichkeiten der Mutterzellen (z. B. Sekretionen) in den Geschwulst-

parenchymen mehr oder weniger erhalten oder pathologisch abgeändert sein. Es wäre falsch, die Geschwulstzelle als ein nur vegetatives Wesen anzusehen. In sehr bösartigen Geschwülsten überwiegt allerdings die Vegetation ganz und gar über die funktionelle Differenzierung (*Bencke*). Hierzu sei erwähnt, daß die organisatorische Funktion, die dem gewöhnlichen Bindegewebe in so hohem Grade eigen ist, in den bösartigen Bindegewebsgeschwülsten ganz verloren geht, so daß man ein Sarkom gerade durch diesen Mangel vom Granulationsgewebe unterscheiden kann.

Das *Stroma* ist das Stützgerüst der Geschwülste, einschließlich der Gefäße. Seine Herkunft ist nicht immer sicher zu bestimmen. In vielen Fällen ist es ortsangehöriges Stützgerüst, das von der Geschwulst passiv aufgebraucht wird oder sich aktiv an dem Geschwulstprozeß insofern beteiligt, als es durch Neubildung Stütze und Ernährung für das wachsende Geschwulstparenchym liefert. In jenen Fällen, in welchen wir einen im Lauf der Embryogenese aus den normalen Verbänden ausgeschalteten Gewebskeim als Grundlage einer Geschwulst annehmen müssen, können wir uns denken, daß ein solcher Keim von vornherein aus *Parenchymzellen* und *Stroma* zusammengesetzt war. So wäre auch hier die Herkunft des *Stromas* verständlich. Aber gerade bei solchen Geschwülsten auf der Basis von Entwicklungsstörungen (und auch in anderen Fällen) liegt es nahe, an die *Ableitung des Stromas aus dem Parenchym* zu denken. Für gewisse Mischgeschwülste wurde auf die epitheliale Entstehung der mesenchymalen Formationen hingewiesen (*Marchand*). Aber auch einfachere Geschwülste, wie gewisse Sarkome, zeigen so innige Zusammenhänge zwischen *Parenchym* und *Stroma*, daß genetische Beziehungen angenommen werden müssen. Dies ist besonders eindrucksvoll bei lymphadenoiden Sarkomen, die sich offenbar aus synzytialen Verbänden entwickeln, in welchen freie *Parenchymzellen* durch Lösung aus dem Verband entstehen, während sich die Synzytien zu einem retikulären *Stroma* differenzieren. Gewiß ließe sich Ähnliches auch für andere Sarkome feststellen. In manchen angiomatösen Sarkomen dürften sowohl die Gefäße wie die Geschwulstzellen (evtl. auch Blutbildungszellen) aus blastomatös wuchernden mesenchymalen Synzytien entstehen. Überhaupt ist die Frage der Gefäßbildung in Blastomen noch sehr der Aufklärung bedürftig. Die *autochthone* Entstehung von Gefäßen und ihre erst *sekundäre* Vereinigung mit den präformierten Gefäßen der Örtlichkeit ist besonders für embryonale Mischgeschwülste nicht von der Hand zu weisen.

Aus dem über das Verhältnis von *Parenchym* und *Stroma* Gesagten geht jedenfalls hervor, daß manche Geschwülste ihr *Stroma* selbst aufbauen, daß das *Stroma* also manchmal ein Produkt des *Parenchyms* ist. Hiermit erkennen wir aber eine gewisse Berechtigung von *Virchows* histioiden

Geschwülsten an. Besteht eine solche histioide Geschwulst allerdings auch aus Stroma und Parenchym, so kann es doch sein, daß beide von einem einzigen Gewebe geliefert werden.

Wie über *Blutgefäße*, so wären auch über *Lymphgefäße* und über *Nerven* in Geschwülsten neue systematische Untersuchungen dringend wünschenswert. Es scheint ja, daß echte Geschwülste überhaupt keinen regulären Gefäßapparat (Arterien mit typischer Aufzweigung, Kapillarapparat, Venensystem), noch weniger über ein richtiges Lymphgefäßsystem verfügen, und daß sie keine eigenen Nerven haben. Darin zeigt sich die geringe Organisationshöhe dieser Afterbildungen.

Die wissenschaftliche *Klassifikation* der Geschwülste erfolgt nach dem *histogenetischen* Prinzip. *Jedes* Körpergewebe kann eine Geschwulst liefern, und zwar sowohl reife, als auch unreife Varietäten. Viele alte Namen sind beibehalten worden, aber sie haben eine histogenetische Umdeutung erfahren. So auch Sarkom und Carcinom (Krebs); ersteres für die bösartigen Geschwülste der Binde substanzreihe, letzteres für die malignen Epitheliome. Der Vorschlag, neue Namen zu bilden für Geschwülste, deren Histogenese durch neue Forschung klargestellt worden ist (*Marchand*), muß lebhaft begrüßt werden. Wir leiden sehr unter dem Zwang, alles Neugefundene in ein altes Schema einordnen zu müssen.

In der Ableitung der Geschwülste aus dem Mutterboden sind große Fortschritte gemacht worden. Für *Virchow* war das *Bindegewebe* die Matrix für die verschiedenartigsten Geschwülste, auch für das Carcinom. Diese Lehre ist überwunden, wenn auch zugegeben werden muß, daß Geschwülste von carcinomähnlichem Aufbau (Endotheliome z. B.) auch aus Binde substanz hervorgehen können. Die Anerkennung des Gesetzes der Spezifität der Zellen (*Bard*) hat großen Einfluß auch auf die histogenetischen Geschwulststudien gehabt. Während man früher die Gewebe sich in der mannigfachsten Weise umwandeln ließ, wird jetzt von jedem spezifischen Gewebe eine spezifische Geschwulstform abgeleitet. Immerhin wird *Metaplasie* wenigstens in dem Umfange, in welchem sie uns auch sonst im Körper entgegentritt (*Marchand*), auch für die Geschwulstgewebe anerkannt werden müssen. Ja, wohl auch noch darüber hinaus! Da *Metaplasie* eine Umwandlung fertig differenzierter Gewebe bedeutet, die Geschwülste aber vielfach sehr unreife Neubildungen darstellen, wäre es richtiger, gewebliche Umwandlungen in Blastomen als *Differenzierungsvorgänge* aufzufassen, also nicht von *Metaplasie* zu sprechen. Eine Geschwulst, die Drüsen und Hornepithel in engem räumlichen Nebeneinander bildet und daher *Adenocarcinoid* genannt wird, leitet sich aus einem unreifen Epithelkeim ab, dessen „prospektive Potenz“ mannigfaltig ist, und der sich daher

nach verschiedenen Richtungen ausdifferenziert. Eine andere Beziehung der Blastome zur *Metaplasie* ist darin gegeben, daß fertige Gewebe ihren Charakter ändern, also echte *Metaplasie* durchmachen, und daß dann von dem veränderten Gewebe eine Geschwulst ausgeht, die in ihrer Morphologie ortsfremden Charakter aufweist. Ein verhornendes Plattenepithelcarcinom kann auf diese Weise z. B. in der Gallenblase oder in einem Bronchus entstehen. *Heterotope* Geschwülste können freilich auch auf dem Boden von embryonalen Gewebsverwerfungen (*Aberration*) entstehen.

Damit kommen wir zu den wichtigen Fragen der *formalen Genese* der Blastome. Es ist durch viele Untersuchungen bewiesen, daß eine Geschwulst aus der *Kontinuität der organischen Gewebsverbände* heraus sich entwickeln kann (*Thiersch, Hauser, Versé* u. a.). Wo physiologische Proliferationszentren (Keimschichten usw.) vorhanden sind, bilden diese auch den Ausgang der Geschwulstwucherung. Der Zusammenhang der Hyperplasie mit echter Geschwulstbildung illustriert am besten die Entstehung der Blastome aus der Kontinuität heraus (*hyperplaseogene* Geschwülste *E. Schwalbes*). Andererseits gibt es viele Beweise dafür, daß die Geschwülste von *isolierten Keimen* ihren Ausgang nehmen, von Keimen also, die nicht typisch in die normalen organischen Verbände aufgenommen sind. Von größter Bedeutung sind hierbei aus der *Embryonalzeit* stammende Keime (*Cohnheim*), während der postfetalen Zellausschaltung (*Ribbert*) eine geringere Bedeutung beigemessen wird. Hier berühren wir wieder den Zusammenhang der Geschwülste mit Störungen der embryonalen Entwicklung (*dyontogenetische* Geschwülste *E. Schwalbes*). In der Tat hat sich die Vorstellung gebildet, daß der Mensch mit zahllosen Geschwulstanlagen behaftet ist, die er durch Störungen der fetalen Entwicklung erworben hat. Warum aus solchen Anlagen einmal eine Geschwulst hervorgeht, warum so oft nicht, das ist eine ungelöste Frage.

Ist eine Geschwulst örtlich entstanden, so wächst sie mit *eigenen Mitteln*, d. h. durch fortgesetzte Vermehrung der einmal gebildeten Geschwulstzellen (*Ribbert*). Die früher allgemein angenommene „homologe Infektion“ der Nachbarschaft kann zurzeit als abgewiesen gelten. Auch hier hat der Durchbruch des Spezifitätsgesetzes reinigend gewirkt. In den Randzonen der Geschwülste können wir also keine histogenetischen Studien, sondern nur Wachstumsstudien machen. Wir stellen verdrängendes (expansives) oder infiltrierendes (destruktives) Wachstum fest, aber keine „Übergänge“ der normalen Zellen des Nachbarorgans in Geschwulstzellen. Letztere werden nur dann zu finden sein, wenn bei *beginnenden* Blastomen noch nicht der ganze geschwulstbildende Gewebsbezirk in die Geschwulst aufgegangen ist, oder wenn neue geschwulstbildende Bezirke in der Nachbarschaft eines Blastoms auf-

treten (s. sp.). Daß für die *Art* und das *Tempo* des Geschwulstwachstums in erster Linie Kräfte maßgebend sind, die in den Geschwulstzellen selbst liegen, ist selbstverständlich. Jedoch zeigen uns viele Tatsachen, daß auch *örtliche* und *allgemeine*, also außerhalb der Zellen gelegene Faktoren jene inneren Zellkräfte hemmend und fördernd beeinflussen können. Traumen, Entzündungen, gewisse Phasen des Lebens (Wachstumsperiode, Pubertät, Schwangerschaft, Involution) kommen in dieser Hinsicht in Betracht.

Jede Geschwulst ist zunächst örtlich beschränkt. In den meisten Fällen ist ein eng umschriebener Gewebsbezirk der Ausgangspunkt (*unizentrische* Geschwulstentstehung). Ja, es ist nicht unwahrscheinlich, daß manchmal eine einzige „entgleiste“ Zelle die Mutter einer unendlichen Geschwulstzellenbrut ist. In anderen Fällen bilden sich *von vornherein mehrere*, u. U. zahllose Geschwulstzentren (*multizentrische* Geschwulstentstehung). Diese *primäre Multiplizität* ist entweder auf ein Organ oder System beschränkt (*systematisierte* Geschwülste) — und in solchem Falle sind die einzelnen Geschwülste meist gleichartig gebaut —, oder es entstehen verschiedenartige Blastome in beliebigen Organen. Man hat von Geschwulststrassenbildung gesprochen, wenn die Neigung zur Blastombildung so offenkundig in einem Körper hervortritt. In der Tat legen diese primär multiplen, systematisierten und unsystematischen Geschwulstbildungen den Gedanken an die Mitwirkung dispositioneller bzw. konstitutioneller (ererbter) Faktoren nahe. Neben der primär multiplen Blastombildung ist die relativ seltene *diffuse* Umwandlung eines Organes in eine Geschwulst von Interesse. Hier scheint die Disposition zur Blastomatose im ganzen Organ gleichmäßig gegenwärtig zu sein.

Die bösartigen Geschwülste sind durch *Metastasenbildung* ausgezeichnet (*sekundäre Multiplizität*). Die Tochtergeschwülste (Metastasen) entstehen durch Verschleppung der Blastomzellen auf dem Wege der Blut- und Lymphgefäße, durch Aussaat (Seminium) der Tumorelemente innerhalb der Höhlen und Schläuche des Körpers, durch spontane Implantation der geschwulstbildenden Zellen auf gegenüberliegenden Flächen, durch künstliche Verpflanzung gelegentlich operativer Eingriffe. Für die *Lokalisation* der Metastasen sind mechanische und chemische (biochemische) *örtliche* Bedingungen maßgebend. *Allgemeine* Einflüsse sind für die Metastasenbildung zweifellos von Bedeutung. Abwehrstoffe des Körpers vernichten verschleppte Geschwulstzellen. Das ist auch histologisch erwiesen worden (M. B. Schmidt). Bei jeder bösartigen Geschwulst können wir eine *prämetastatische* Phase unterscheiden, in welcher die Schutzkräfte des Körpers ausreichen, um verschleppte Geschwulstkeime abzutöten. Die *metastatische* Phase zeigt die Erschöpfung dieser Kräfte an. Wir haben

Gründe, diese Abwehrstoffe als das Resultat einer aktiven Autoimmunisation aufzufassen.

Die Metastasen wachsen wie die Primärgeschwülste „aus sich heraus“. Eine homologe Infektion der Nachbarschaft gibt es auch hier nicht. Bezüglich des *Stromas* der Metastasen ist zu sagen, daß es sich zu allermeist aus dem Stroma der neu befallenen Örtlichkeit ableitet. In manchen Fällen bilden sich die verschleppten Geschwulstzellen ihr Stroma wohl selbst. Und wenn auch zu allermeist nur die *Parenchymzellen* der Muttergeschwulst verschleppt werden, so sind doch seltene Fälle denkbar, bei welchen auch Stroma mit verschleppt wird. Dann kann das Stroma der metastatischen Geschwulst zu einem Teile aus dem verschleppten Stroma der Muttergeschwulst gebildet sein. Auch die *Rezidive* der bösartigen Geschwülste gehen aus Geschwulstzellen hervor, die nach der Operation noch zurückgeblieben waren. Bei *Spätrezidiven* mag es sich in manchen Fällen um *Neuerkrankung* bis dahin gesunden Gewebes handeln. Die Rezidiventwicklung steht aber sicherlich ebenso unter dem Einfluß *allgemeiner* Einwirkungen des Körpers, wie die Metastasenbildung.

Wie der Körper auf die Geschwulst wirkt, so umgekehrt die Geschwulst auf den Körper. Diese *allgemeinen Rückwirkungen der Geschwülste* sind von sehr verschiedener Art. Zu einem Teile erklären sie sich aus der Störung des altruistischen Betriebes im Körper durch die Funktionsbehinderung der von primären und metastatischen Geschwülsten befallenen Organe. Hier kommen vor allem auch Störungen im hormonalen Betriebe in Betracht. Der *Sitz* der Geschwülste wird in solchen Fällen von maßgebender Bedeutung sein. In einem anderen Teil der Fälle gleicht der gestörte Allgemeinzustand dem einer extremen *Inanition*. Solche Zustände können sich bei kreisigem Verschluß der zuführenden Nahrungswege entwickeln. Weiterhin kommen bei ulzerös aufgebrochenen Geschwülsten bakterielle Infektionen in Betracht. Bei jenen klinischen Bildern aber, die in engerem Sinne unter dem Begriff der *Geschwulstkachexie* zusammengefaßt werden, liegt eine Selbstvergiftung des Körpers vor. Sie kommt durch Resorption giftig wirkender Stoffe aus der Geschwulst zustande. Das können sehr verschiedenartige unspezifische Stoffe sein, oder es handelt sich um spezifische, von den Blastomzellen gelieferte Substanzen. Auch ist denkbar, daß beim fermentativen *Abbau* solcher Stoffe toxische Einwirkungen erfolgen.

Es ist bemerkenswert, daß die Geschwulstkachexie eine Funktion der *bösartigen* Geschwülste ist. Jedoch zeigen nicht *alle* bösartigen Blastome diese Einwirkung auf den Gesamtorganismus. Die malignen Binde substanzgeschwülste (Sarkome) rufen im allgemeinen keine echte Kachexie hervor. Dies tun in erster Linie die epithelialen Carcinome. Und unter den letzteren sind viel weniger die Deckepithelcarcinome

von Kachexie gefolgt als die Drüsenepithelkrebse, Geschwülste also, die von Zellen abstammen, welche schon physiologisch bestimmte Stoffe (durch Sekretion) produzieren. Man kann sagen, daß für den Ausbruch der echten Krebskachexie weder die Größe der Geschwulst, noch die Schnelligkeit ihres lokalen Wachstums und ihre weitere Ausbreitung, noch auch der Umfang ihres Zerfalles ausschlaggebend sind, sondern, daß in erster Linie die besondere Qualität der Matrix in Betracht kommt. Vor allem sind Carcinome des *Magens* von Kachexie gefolgt. Es ist darauf hingewiesen worden, daß sich die physiologische äußere Sekretion einer Matrix im Laufe destruktiven Geschwulstwachstums in eine pathologische innere Sekretion verkehren kann: die Zellen eines Magencarcinoms z. B. setzen ihre eiweißspaltenden Fermente statt an die Oberfläche in die Binnenräume des Körpers ab (*v. Rindfleisch*). Die Stoffwechselanalysen, die hämatologischen und serologischen Untersuchungen bei Geschwulstkranken, insbesondere bei Carcinomatösen, haben die verschiedenartigsten Störungen feststellen lassen, welche alle die schädlichen Rückwirkungen der bösartigen Geschwülste auf den Gesamtkörper und auf dessen Säfte illustrieren. Absolut Spezifisches ist auch hier nicht gefunden worden. Den Mitteilungen über spezifische sogenannte „Krebsreaktionen“ ist mit Vorsicht zu begegnen.

Zu den allgemeinen Rückwirkungen der Geschwülste gehören auch *hormonale* Einflüsse. Eine aus fetalen Geweben bestehende Geschwulst z. B. kann ähnlich wirken wie der Fetus selbst: Deziduabildungen, Milchsekretion bei Chorionepitheliomen und Teratomen.

Spontane Heilung einer echten Geschwulst kommt vor. Insbesondere können *gutartige* Geschwülste (z. B. Uterusmyome) ihr Wachstum einstellen und unter Rückbildungserscheinungen verkalken. Auch bei *malignen* Blastomen kommen *partielle* Rückbildungen häufig vor. *Totale* spontane Rückbildung einer bösartigen Geschwulst ist beim Menschen nicht genügend sichergestellt. Bei malignen *Tiergeschwülsten* kommt das häufig vor. Wenn wir auch vorsichtig sein müssen mit Analogieschlüssen, so liegt doch keine Veranlassung vor, die Möglichkeit spontaner Rückbildung auch maligner Geschwülste beim Menschen a priori abzulehnen. Gerade wenn wir die Geschwulstbildung als einen Kampf der in den Geschwulstzellen enthaltenen Kräfte mit den Schutzmitteln des Gesamtkörpers auffassen, ist es denkbar, daß die Schutzkräfte des Körpers nicht immer erliegen müssen, sondern daß sie sich auch einmal so steigern können, daß die Geschwulstzelle erliegt. Die Angabe, daß nach operativer Entfernung der Primärgeschwulst schon gebildete Metastasen zurückgehen, würde in diesem Sinne verwertet werden können. Und wer kann sagen, wie oft im Laufe eines Men-

schenlebens Zellen zu bösartiger Wucherung aussetzen, aber im Aufkeimen erstickt werden?

Über die *Heilerfolge* bei Geschwülsten nach künstlichen Eingriffen (operative Entfernung, Bestrahlung, chemotherapeutische, serologische, fermentative Beeinflussung der Geschwülste) ist hier nicht der Ort zu sprechen.

Die *kausale Genese* der Blastome ist trotz aller auf dieses Problem verwendeten Mühe bis heute noch unaufgeklärt. Es würde viel zu weit führen, auch nur die wichtigsten kausalen Geschwulsttheorien zu erwähnen. Alle diese Theorien müssen insofern *zelluläre* Theorien sein, als sie sich mit der Tatsache abfinden müssen, daß die Geschwülste aus Zellen unseres Körpers hervorgehen und sich in allen ihren Teilen aus körpereigenen Zellen zusammensetzen. In den Zellen selbst enthaltene (*endogene*) Faktoren und außerhalb der geschwulstbildenden Elementarteile gelegene (*exogene*) Bedingungskomplexe müssen in Betracht gezogen werden. Jede ernst zu nehmende Geschwulsttheorie wird das *Gesamtgebiet* der Geschwülste umfassen müssen. Denn alle echten Blastome gehören dem Wesen nach zusammen. Man hat versucht, für die gutartigen Geschwülste eine entwicklungsmechanische Betrachtungsweise anzuwenden, und nur das Problem der Malignität als ein im engeren Sinne zelluläres anzusehen (*E. Albrecht*). Gewiß kommen in den homologen Geschwülsten die Baupläne und Architekturen des Mutterbodens stärker zum Ausdruck, so daß diese Geschwülste als Parallel- oder Schwesterbildungen der normalen Organe betrachtet werden können. Man wird auch zugeben, daß für die Entfaltung dieser blastomatösen organoide Faktoren wirksam sein werden, welche in der Ontogenese für die Entfaltung der normalen Organe bestimmend sind. Aber nicht das interessiert uns in erster Linie, weshalb und wie diese oder jene Struktur oder Architektur entsteht, sondern weshalb das — so oder anders gebaute — Gebilde über die Maßen wächst und dabei jene Selbständigkeit zeigt, welche wir bei normalen Organbildungen und bei sonstigen Wachstumsleistungen des Körpers niemals beobachten. Auch die gutartigen (homologen) Geschwülste sind nicht einfache (ev. verspätete) Nachentwicklungen von Organanlagen, sondern es sind durch charakteristischen Wachstumsexzeß ausgezeichnete organoide. Dieser Wachstumsexzeß erreicht bei den bösartigen Geschwülsten die höchsten Grade. Und wenn deshalb bei malignen Tumoren das blastomatöse Wachstumsproblem viel aufdringlicher in die Erscheinung tritt als bei den benignen Geschwülsten, so ist es in den letzteren prinzipiell doch ebenso enthalten, wie in den ersteren, und man wird nur verschiedene Grade der gleichen Störung annehmen dürfen, um den offenkundigen Beziehungen der gutartigen zu den bösartigen Blastomen gerecht werden zu können¹⁾.

¹⁾ Die sog. *maligne Entartung* eines gutartigen Gewächses darf man sich nicht so vorstellen, daß eine

Halten wir uns bei der ätiologischen Betrachtung der Geschwülste zunächst an die tatsächlichen Unterlagen, so ist festzustellen, daß offensichtliche Beziehungen der Geschwülste einerseits zu Reizen, andererseits zu *Entwicklungsstörungen* bestehen. Die Reize, auf welche Virchow so großes Gewicht legte, sind sehr mannigfaltig. Es können physikalische, chemische, aktinische, bakterielle und parasitäre Reize sein. Jedenfalls ist eine *Spezifität* der Reizung bisher nicht erweisbar. Das ist wichtig festzustellen. Denn die sogenannte parasitäre Theorie fordert *spezifische* Geschwulstparasiten. In dieser Form muß sie *abgelehnt* werden.

Die Irritationstheorie verweist auf die Beziehungen der Geschwülste zur Entzündung, zur Regeneration und Organisation, zur Narbenbildung und Hyperplasie. Da vor allem das *Carcinom* solche Beziehungen aufweist, hat man von einem *präcancerösen* Stadium gesprochen und hierher insbesondere jene *atypischen Epithelwucherungen* gerechnet, die bei chronisch entzündlichen Prozessen so häufig auftreten. Freilich muß im Auge behalten werden, daß die sog. präcancerösen Veränderungen keineswegs regelmäßig oder auch nur relativ häufig in echte Krebsbildung übergehen, daß solche Stadien also nicht durchlaufen werden müssen, wenn es zu Krebsbildung kommen soll. Schwierigkeiten findet die Reiztheorie auch in der Tatsache, daß viele Geschwülste scheinbar völlig spontan, jedenfalls ohne jede erkennbare besondere Reizung entstehen. Hier müßte ein unbekannter Reiz supponiert, oder angenommen werden, daß in manchen Fällen die *physiologischen* Reize genügen, um den geschwulstbildenden Mechanismus in Gang zu bringen.

Wie sollen die Reize wirken? Wirken sie direkt stimulierend auf die vegetativen Kräfte der Zellen im Sinne von Virchows formativer Reizung? Verändern sie also nicht die Zelle in ihrer Grundkonstitution, sondern halten sie nur gewissermaßen ihr formatives Zentrum in ständiger Erregung? In diesem Falle müßte mit andauernden oder immer wiederkehrenden Irritationen gerechnet werden, welche die Zellteilungen nicht zur Ruhe kommen ließen. Denn es ist nicht einzusehen, weshalb das durch Reize eingeleitete Wachstum nicht zum Abschluß kommen

sekundäre Umwandlung bereits fertig gebildeten, ausgereiften Geschwulstgewebes stattfindet, sondern es entsteht neues Gewebe, welches nun den Charakter der Bösartigkeit zeigt. Vielleicht trägt die gutartige Geschwulst die Potenz zur Bösartigkeit latent in sich. Sie würde sich dann wahrscheinlich unter dem Zwange gewisser lokaler oder allgemeiner Hemmungen eine Zeitlang in homologer Form entwickeln und in einfach exstruktiver Weise wachsen. Erst mit dem Wegfall der Hemmungen würde sie in eine morphologisch atypische Entwicklung und in destruktives Wachstum geraten. Hierfür spricht, daß immer nur ganz bestimmte, dem erfahrenen Pathologen wohl bekannte gutartige Geschwulstformen die Neigung zeigen, maligne zu entarten.

sollte, wenn die Reize aufhören. Solche „Dauerreize“ lassen sich aber in vielen Fällen nicht nachweisen. Man kann auch annehmen, daß die Reize nicht direkt und positiv auf die Zellen wirken, sondern auf dem Umwege über eine Störung der gegenseitigen (mechanischen und chemischen) Beziehungen der Zellen, also im Sinne Weigerts mehr negativ durch Wegfall von extrazellulär gelegenen Wachstumshemmungen. Besonders für das Carcinom sind ja die Veränderungen des Bindegewebes von Thiersch, Ribbert u. a. in den Vordergrund gestellt worden. Die primären Veränderungen des Bindegewebes sollten die in den Epithelien potentiell enthaltene Wucherungsenergie aktivieren. Auch bei dieser Ansicht wird nur mit *physiologischen* Zellkräften gerechnet. Beide Hypothesen lassen unaufgeklärt, weshalb die Reize einmal ein typisches, ein anderes Mal ein atypisches, homologes oder gar heterologes Wachstum auslösen. Gerade dieser letztere Einwand zwingt förmlich zur Annahme einer *Änderung des Zellcharakters*, die im Laufe einmaliger oder andauernder Irritation als direkte oder indirekte Reizfolge auftreten könnte. Man könnte im Sinne Boveris an eine Entgleisung des Zellteilungsmechanismus denken, wodurch Zellen mit *pathologischen* Kräften entstünden, jene pathologischen Zellrassen Hausers, die sich dem altruistischen Getriebe des Körpers entziehen und als Blastomzellen parasitisch im Körper hausen.

Die Reiztheorie, für die es ja auch experimentelle Anhaltspunkte gibt (s. sp.), drängt also zur Annahme einer fundamentalen Änderung des Zellcharakters. Wir wollen aber nicht übersehen, daß diese Theorie jene Fälle unaufgeklärt läßt, in welchen besondere Reize nicht nachweisbar sind, und daß sie auch nicht erklärt, weshalb bei scheinbar gleicher Reizung einmal eine Geschwulst entsteht, ein anderes Mal nicht. Müssten wir es als Zufall ansehen, wenn jene neuartige Zellrasse entsteht, oder müssen wir nicht lieber zugeben, daß wir in den Gesamtbedingungenkomplex der Geschwulstbildung noch nicht genügend Einblick haben? Die Reize könnten nur einen Teil und vielleicht nicht einmal den wichtigsten Teil dieses Komplexes darstellen.

Ebenso häufig wie zu Reizungen zeigen die Geschwülste Beziehungen zu *Störungen der Entwicklung*. Wir sehen Geschwülste aus Gewebskeimen hervorgehen, die bei der Entwicklung überschüssig gebildet, ausgeschaltet und ev. verlagert wurden. Cohnheim wollte alle Geschwülste aus solchen embryonalen Keimen ableiten und ist damit viel zu weit gegangen. Fassen wir die Behauptung ein wenig allgemeiner und sprechen von einer *angeborenen Grundlage* der Geschwülste! Hierzu läßt sich sagen, daß eine solche Grundlage zwar nicht für alle Blastome, insbesondere nicht für das Gros der Carcinome zu erweisen ist, daß aber doch viele Tatsachen zugunsten dieser Auffassung sprechen. Manche Geschwülste entstehen

schon während des fetalen Lebens (*kongenitale* Geschwülste), andere treten erst später hervor, sind aber den kongenitalen in ihrem Bau so ähnlich, daß man auch für sie eine angeborene Grundlage voraussetzen darf. Derartige Geschwülste sind durch deutlich *embryonalen* Charakter ausgezeichnet. Geschwülste entstehen ferner an Stellen besonders komplizierter Entwicklungsvorgänge, im Bereich von embryonalen Spalten (*fissurale* Geschwülste), an den Körperpolen (*polare* Geschwülste). Ferner gehen Geschwülste aus embryonalen Geweben hervor, die bei der Körperentwicklung *normaliter* oder *abnorm persistieren* (z. B. Kiemengangscarcinome). Auch entwickeln sich Geschwülste aus akzessorischen, überzähligen Organen (Mamma, Nebenniere, Pankreas, Schilddrüse, Nebenschilddrüse). Weiter kombinieren sich *örtliche Gewebsmißbildungen* verschiedenster Art mit Geschwulstbildung. Auch die *primär multiple* Geschwulstbildung in einem Organ oder System (*systematisierte* Geschwülste) läßt auf eine angeborene Anlage schließen. Endlich spricht auch die *erbliche* Disposition, die bei vielen gutartigen, aber auch bei malignen Blastomen, sogar auch bei einzelnen Carcinomen, festgestellt worden ist, für die Bedeutung eines endogenen Faktors in der Geschwulstentstehung. Aber weder läßt sich beweisen, daß *alle* Geschwülste aus Entwicklungsstörungen hervorgehen, noch ist festzustellen, daß die gleiche Störung in jedem Falle zu Geschwulstbildung führen muß. Ausgeschaltete embryonale Gewebskeime gehen entweder zugrunde, oder sie differenzieren sich regulär aus, oder sie werden früher oder später zu gut- oder bösartigen Geschwülsten. Die Ursachen dieses verschiedenen Schicksals bleiben dunkel. Der Hinweis auf die *embryonale* Natur der Keime verfängt nicht, denn Geschwulstzellen und embryonale Zellen sind nicht identisch. Wollte man die Theorie der embryonalen Keime mit der Irritationstheorie kombinieren und annehmen, daß die Keime nur dann zu echten Geschwülsten heranwachsen, wenn sie von irgendwelchen Reizen getroffen würden, so müßte erst erklärt werden, weshalb die embryonalen Zellen durch die hypothetischen Reize aus der typischen Wachstumsbahn abgelenkt werden, so daß sie sich in blastomatöser Weise entfalten. Normale Embryonalzellen würden sich typisch entfalten. Das atypische Wachstum könnte auch hier wieder durch die Annahme einer pathologischen Zellkonstitution verständlich gemacht werden.

So wird man bei allen Überlegungen immer wieder auf eine fundamentale Wesensveränderung hingelenkt, die bei der Umwandlung der Körperzelle in die Geschwulstzelle vor sich gegangen ist. Die eklatanteste Seite dieser zellulären Störung ist die Zunahme der selbständigen Existenzfähigkeit, die mit einer deutlichen *Abnahme* der Differenzierungshöhe verbunden ist.

Die Normalzelle ist durch eine typische korre-

lative Kuppelung ihrer Zentren für Nutrition, Proliferation und spezifische Funktion ausgezeichnet, derart, daß die nutritiven und proliferativen Kräfte durchaus an die funktionelle Leistung gebunden sind. Atrophie und Schwund bei verminderter bzw. aufgehobener Funktion, Hypertrophie und Hyperplasie bei gesteigerter Funktion weisen diese Korrelation deutlich auf. Die pathologische Konstitution der Geschwulstzelle ist durch die Lockerung bzw. die völlige Aufhebung der erwähnten Kuppelung der Zellkräfte ausgezeichnet: die vegetativen Kräfte überwiegen in allen Graden die funktionellen.

Kann eine von Hause aus völlig normale Zelle diese Wesensveränderung *erwerben*? Etwa durch eine fehlerhafte Chromosomenmischung bei asymmetrischer oder pluripolarer Kernteilung? Oder sollen wir annehmen, daß die Anlage zur Entgleisung gewissen Zellen angeboren ist? Solche Zellen mit variierter Konstitution könnten sowohl in die Kontinuität der Gewebsverbände aufgenommen, als auch aus den Verbänden ausgeschaltet, isoliert und durch Wachstumsverschiebungen versprengt sein. Wenn solche Zellen von Reizen getroffen oder an irgendwelchen lokalen oder allgemeinen Störungen des Körpers beteiligt würden, dann würden sie ihre fehlerhafte Konstitution durch die pathologische Linie, auf welcher sich ihr Wachstum vollzieht, zu erkennen geben. Zu einer solchen Annahme wird man immer wieder gedrängt durch die Tatsache, daß bei scheinbar gleichen Reizen und bei scheinbar gleichen Störungen der Entwicklung in einem Fall Geschwulstbildung auftritt, in vielen anderen Fällen nicht. Auch für die experimentell erzeugten Geschwülste konnte man die Annahme einer Individual- bzw. Rassendisposition nicht umgehen (s. sp.). Wir stehen in dieser Hinsicht beim Geschwulstproblem vor den gleichen Fragen, wie bei den Infektionskrankheiten. Sollen wir das vorläufig noch unauflösbare dispositionelle oder konstitutionelle Moment bei der Geschwulstkrankheit in *allgemeinen* Körperverhältnissen suchen? oder sollen wir an *lokalisierte* Dispositionen denken und schließlich auf eine pathologische Anlage der Zelle kommen? Wir kennen ja primäre pathologische Zellkonstitutionen aus dem Gebiet der vererbten Stoffwechselkrankheiten, und für die blastomatöse Konstitution wäre an die Polyposis adenomatosa und an das Xeroderma pigmentosum als an besonders eindrucksvolle Beispiele zu erinnern. In beiden Fällen liegen angeborene und vererbte pathologische Anlagen der Zellen zugrunde. Bei der Polyposis intestinalis adenomatosa zeigt das gesamte Entoderm des Verdauungsschlauches die Neigung zu Überschüßbildungen in Gestalt von zahllosen drüsenreichen Polypen. Man könnte sich das als eine rein *quantitative* Störung der Ausgangsmasse denken, wenn nicht der Aufbau der Polypen auch auf *qualitative* Veränderungen hinwiese: die Polypen bestehen nicht aus typischer Schleimhaut,

und die Potenz derselben zu krebsiger Entartung ist so stark in ihnen latent enthalten, daß fast jeder Träger dieser Polyposis, oft sogar schon in jugendlichem Alter, von Krebs befallen wird. Beim Xeroderma pigmentosum sehen wir den Fall, daß die physiologischen Lichtreize genügen, um die disponierte Haut in Entzündung zu versetzen. Auch hier scheint die Überempfindlichkeit mit besonderen angeborenen pathologischen Zellqualitäten verbunden zu sein; denn die Entzündungen führen zu pathologischen Wucherungen; schließlich zur Papillom- und Krebsbildung.

Für diejenigen Geschwülste, die wir mit guten Gründen aus Keimen ableiten, die bei der Embryonalentwicklung ausgeschaltet wurden, hat sich der Gedanke fruchtbar erwiesen, daß es auf den *Zeitpunkt* der Ausschaltung ankommt. Wie wir für die formale Genese der Mißbildungen die „teratogenetische Terminationsperiode“ (E. Schwalbe) zu bestimmen suchen und annehmen, daß sie um so früher liegt, je tiefergreifend die Mißbildung ist, so suchen wir auch für viele Geschwülste die onkogenetische Terminationsperiode auf. Je früher im Lauf der Embryogenese der Keim ausgeschaltet wurde, desto pluripotenter ist er, desto mannigfacher wird seine gewebliche Auswirkung sein; je später — desto einfacher. Hoch komplizierte Mischgeschwülste werden uns nur verständlich durch ein Zurückgehen auf Keimblattzellen oder gar auf Blastomeren (Wilms, Marchand u. Bonnet). Es steht auch nichts im Wege, für die kompliziertesten Formen bis auf das befruchtete Ei zurückzugehen. Die Vorstellung von einer zeitlich verschiedenen Keimausschaltung erlaubt es, mehr oder weniger kontinuierliche Reihen von Geschwülsten aufzustellen, an deren Anfang Blastome stehen, in welchen eine ganze *Embryonalentwicklung* stümperhaft kopiert wird, in deren Mitte wir blastomatische Kopien von *embryonalen Körperregionen*, von *Organsystemen* und *Organen* finden und an deren Ende geschwulstige Nachbildungen *einfacherer Gewebskompositionen* auftreten. Nehmen wir im Sinne der vorhin ausgesprochenen Hypothese eine — dem Grade nach schwankende — primäre pathologische Konstitution der ausgeschalteten Keime an, so würden wir die atypische Entfaltung dieser Keime zu echten, gut- oder bösartigen Blastomen, und auch die Übergänge der ersteren in die letzteren, einigermaßen verstehen können.

Es kann eingewendet werden, daß die bisherigen ätiologischen Betrachtungen allzu einseitig auf einen endogenen zellulären Bedingungskomplex rekurrieren und die *extrazellulären Faktoren*, insbesondere den Einfluß des *Gesamtkörpers* zu wenig berücksichtigen. Daß nicht nur lokale und regionäre, sondern auch allgemeine Einwirkungen für die Entstehung einer Geschwulst von großer Bedeutung sind, daran ist nicht zu zweifeln. Auf die Beziehung der Geschwülste zu gewissen *Lebensepochen* wurde be-

reits hingewiesen. Auch die *besondere funktionelle Phase eines Organs oder Organsystems* ist von Bedeutung. Es liegt *nahe*, gerade für die Entwicklung der *Malignität* die Mitwirkung allgemeiner Faktoren in Betracht zu ziehen. Man könnte sich vorstellen, daß die volle Entfesselung der Wuchskraft erst nach Wegfall gewisser allgemeiner Hemmungen oder Widerstände stattfinden kann. Aber diesen extrazellulären Bedingungen die Hauptrolle zuzuerkennen, dazu haben wir keine Veranlassung. Die Eigenart der blastomatösen Zelle steht allzu eindrucksvoll im Vordergrund.

Alles Pathologische hat sein physiologisches Korrelat. Sogar das destruiierende Wachstum der Zellen bösartiger Geschwülste! Bei der normalen Plazentation dringen fetale (choriale) Elemente zerstörend in das mütterliche Gewebe ein. Das Ergebnis dieses zerstörenden Wachstums ist ein physiologisches Produkt, eben die Plazenta. Das destruiierende Wachstum fetaler Zellen hört auf, wenn das Ziel der genügenden Ernährung des Fetus erreicht ist. Sollen wir diese physiologische Hemmung eines zerstörenden Wachstums normaler Zellen allein und ausschließlich extrazellulären Einflüssen zuschreiben? Dürfen wir also die in den Zellen selbst gelegenen Kräfte vernachlässigen? Wir wissen, daß auch bei normaler Plazentation fetale Zellen in den Kreislauf der Mutter gelangen. Wenn sie hier, z. B. in der Lunge, festgehalten werden, gehen sie zugrunde. Das weist eindringlich auf Schutzstoffe der Mutter, also auf Einflüsse des mütterlichen Gesamtkörpers hin. Aber vergleichen wir einmal genauer das zerstörende Wachstum normaler Chorionepithelien mit der Destruktivität pathologischer, maligner Geschwulstzellen! Die fetalen Normalzellen wachsen zerstörend und dennoch in *altruistischem* Sinne; sie eröffnen die mütterlichen Gefäße und wandeln sie zu den intervillösen Bluträumen um; damit sorgen sie für die Ernährung des fetalen Körpers. Weiter geht ihr zerstörendes Wachstum nicht. Das Wachstum der malignen Geschwulstzellen aber ist *sinnlos zerstörend*. Weist das nicht auf die Zellen selbst hin? Zeigt das nicht wieder jene innere Disharmonie der Zellen, von der wir sprachen, und die uns das Auseinanderfallen der vegetativen und der funktionellen Kräfte der Zellen vor Augen führt? Und wenn nun beim malignen Chorionepitheliom die fetalen Zellen in den mütterlichen Kreislauf gelangen und zu neuen bösartigen Geschwülsten heranwachsen, dürfen wir das nur in einem Versagen der mütterlichen Schutzkräfte verstehen wollen und können wir die Annahme einer veränderten Qualität der fetalen Zellen entbehren?

Am Anfange jeder pflanzlichen und tierischen Entwicklung steht die *Zelle*. Für die Entfaltung der höheren tierischen Organismen sind die in der befruchteten Eizelle gegenwärtigen Kräfte in allererster Linie maßgebend. Diese Kräfte

werden im Laufe der Entwicklung aufgeteilt und geraten in gegenseitige Abhängigkeit. So steht auch im Anfange jeder Geschwulstentwicklung die Blastomzelle. Auch sie gerät unter die lokalen und allgemeinen Einflüsse ihres Milieus und dadurch in Abhängigkeit. Aber diese extrazellulären Einflüsse stehen in *zweiter* Linie. Das Primäre und Ausschlaggebende ist die Abartung ihrer eigenen Kräfte.

Fassen wir zusammen, so führen alle Überlegungen auf eine fundamentale zelluläre Störung zurück. Sehr verschiedenartige Reize, auch parasitäre, spielen eine Rolle. Fraglich bleibt, ob die zelluläre Störung von jeder beliebigen gesunden Zelle erworben werden kann, oder ob eine angeborene bzw. ererbte pathologische Konstitution der Zelle mitspielt. Den extrazellulären Einflüssen kommt nur eine sekundäre Bedeutung zu. Auch sie kann man sich im Sinne sowohl erworbener Dispositionen, wie angeborener und ererbter Konstitutionen ausdeuten.

Alle diese Überlegungen zeigen, daß die kausale Erforschung der Geschwülste auf unendliche Schwierigkeiten stößt. Da es sich, wie mehrfach betont, um ein Wachstumsproblem handelt, werden wir wirkliche Fortschritte in der Erkenntnis erst dann machen, wenn uns die Grundlagen des *physiologischen* Wachstums tiefer erschlossen sein werden.

Die *experimentelle* Erforschung der Geschwülste ist in der Zeit nach Virchow ganz besonders lebhaft in Angriff genommen worden. Zahllose Versuche, die darauf zielten, mit *mechanischen, chemischen, bakteriellen und parasitären* Reizen echte Geschwülste zu erzeugen, sind umsonst gewesen. Auch die Hoffnung, mit sog. wachstumanregenden Stoffen vorwärts zu kommen, wurde nach anfänglich ermutigenden Versuchen enttäuscht. Fettfarbstoffe (Sudan III, Scharlachrot) in ölgiger Lösung ins Kaninchenohr injiziert, riefen starke Epithelwucherungen hervor (B. Fischer). Auch mit den Komponenten der genannten Farbstoffe kann man die gleichen Wucherungen erzeugen (Stoerber). Diese Diazoverbindungen aromatischer Amine spielen wahrscheinlich eine Rolle bei den Blasenerkrankungen der Arbeiter in den Anilin-, Benzol- und Naphtholfabriken (Papillome, Sarkome, Krebse der Harnblase). Auch mit anderen Stoffen, die für die sog. Berufscarcinome in Betracht kommen, mit Rohparaffinöl, Ruß, Tabakteer in ölgiger Lösung wurden am Kaninchenohr atypische Epithelwucherungen erzielt (Schmincke und Wacker). Aber alle diese experimentell erzeugten, z. T. sehr krebsähnlichen Wucherungen zeigten kein dauerndes, zerstörendes Wachstum, sondern bildeten sich wieder zurück. Auch die Versuche mit parasitären Reizen waren lange Zeit erfolglos. Erst in neuester Zeit gelang es Fibiger mit einer Nematodenart Papillom und Krebsbildung des Magens und der Zunge mit einer gewissen Regel-

mäßigkeit bei Ratten hervorzurufen. Mit Teerpinselungen behaupten japanische Forscher (Yamagiva und Ishikawa, Tsutsui) krebsige Wucherungen am Kaninchenohr und an der Haut von Mäusen erzeugt zu haben. Diese höchst wichtigen Ergebnisse beweisen freilich nichts für *spezifische* Geschwulstreize. Sie fügen sich vielmehr als experimentelle Bestätigungen in die Reihe der zahllosen Beobachtungen über den Zusammenhang der Krebsbildung mit chronischer Entzündung. Auch das Carcinom nach Röntgenbestrahlung ist ein experimenteller Krebs von solcher Art.

Andere Versuche knüpfen an die Theorie der isolierten Keime an. Es wurden die mannigfachsten *Verpflanzungen ausdifferenzierter und embryonaler Keime* vorgenommen. Insbesondere wurden bei Ratten Injektionen von Fetalbrei (gewonnen durch Verarbeitung von Rattenembryonen) in großem Umfang ausgeführt (Askanazy u. a.). Die Regel ist, daß sich die verpflanzten Embryonalgewebe am neuen Ort ausdifferenzieren, zu teratomähnlichen Bildungen heranwachsen und dann sich rückbilden. Nur in extrem seltenen Fällen wurde die Entwicklung von Sarkom und Carcinom nach langer Latenzzeit beobachtet. Ähnliche Erfolge sah Belogolowy nach Verpflanzung von Morulae, Blastulae und Gastrulae bei Kröten und Fröschen. Auch hierbei soll echtes Sarkom erzeugt worden sein. Die große Seltenheit der Entwicklung echter maligner Blastome bei diesen Versuchen zeigt, daß jedenfalls der Isolation und Transplantation der embryonalen Keime an sich keine ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

Die umfangreichsten Experimente sind mit *Transplantation spontan entstandener bösartiger Geschwülste bei Tieren* angestellt worden (Ehrlich, Jensen, Bashford u. v. a.). Bei diesen Versuchen wird also auf die Erzeugung einer Primärgeschwulst verzichtet. Das Studium solcher Geschwulsttransplantationen konnte daher nichts Neues über die Bedingungen bei der ersten Entstehung eines Blastoms zutage fördern, wohl aber konnten über Lebens- und Wachstumsbedingungen der Geschwülste, sowie über die Reaktionen des Geschwulstträgers wichtige Aufschlüsse gebracht werden. Bei Säugern, Vögeln, Amphibien, Reptilien und Fischen sind gut- und bösartige Geschwülste beobachtet worden. Inwieweit die bei diesen Tieren vorkommenden malignen Tumoren dem menschlichen Sarkom und Krebs wirklich völlig entsprechen, soll hier nicht erörtert werden. Vorsicht in der Identifizierung ist jedenfalls geboten. *Gutartige* Tiergeschwülste ließen sich nur auf den gleichen Tierkörper mit Erfolg verpflanzen (Autoplastik). *Bösartige* Tiertumoren hingegen gehen auch auf anderen Tieren der gleichen Rasse und Art an (*Homoioplastik*). Die biochemische Individualität der malignen Zellen ist also offenbar geringer als die der Zellen gutartiger Blastome. Letztere verhalten sich bezüg-

lich der Transplantierfähigkeit wie normale Zellen. *Menschliche* maligne Geschwülste gelang es nur auf den gleichen Menschen, nicht auf einen anderen Menschen oder auf Affen zu verpflanzen.

Das hauptsächlichste Experimentiermaterial bei den in Rede stehenden Tumortransplantationen waren Carcinome und Sarkome bei *Mäusen* und *Ratten*. Diese Geschwülste sind z. T. in hohem Grade, u. U. durch Generationen hindurch, auf Tiere der gleichen Art transplantabel. Grundbedingung ist, daß *lebende* Geschwulstzellen übertragen werden. Eine Ausnahme von dieser Regel machen gewisse sarkomatartige Neubildungen bei Hühnern (*Rous, Murphy, Fyjinami, Inamoto, Teutschländer* u. a.). Diese Tumoren konnten auch durch (anscheinend zellfreies) Berkefeldfiltrat des Tumorgewebes, durch getrocknetes, pulverisiertes Tumormaterial, durch Blut, Peritonealflüssigkeit, Preßsaft geschwulstfreier Organe erfolgreich überimpft werden. Wenn die Geschwulst durch wirklich zellfreie Filtrate überimpft werden kann, so kann die Neubildung am Impfort doch nur *von den Geweben des geimpften Tieres* ausgehen. Das ist ein Modus, der viel mehr an die Verbreitung von Infektionen als von echten Geschwülsten erinnert. Jedenfalls bilden bei allen anderen Impftumoren die *verpflanzten Zellen* die neue Geschwulst, und das geimpfte Tier liefert höchstens das Stroma. Weitere Untersuchungen müssen diese bisher noch sehr rätselhaften Verhältnisse bei den fraglichen Hühnertumoren aufklären. Kommt man wirklich zu der Annahme eines belebten Virus, etwa von der Art der Chlamydozoen, wie es *Teutschländer* annimmt, dann könnte trotzdem nicht genug von einer Verallgemeinerung einer solchen Erkenntnis gewarnt werden. Wir würden neben anderen „Reizen“ eben auch die Chlamydozoen als Erreger blastomatöser Wucherungen anerkennen müssen. Das Besondere läge freilich darin, daß wir hier ein Virus hätten, das in *Symbiose* mit den Zellen lebt, sich in den Zellen vermehrt, auf die Tochterzellen übertragen und auch in den Metastasen wieder gefunden wird. Ganz anders also wie bei dem experimentellen Magenkrebs *Fibigers*, bei welchem die geschwulsterzeugenden Nematoden nur am Ort der Inokulation wirksam sind. Alle bisher bekannten „Geschwulstreize“ wirken gewissermaßen von außen her auf die Körperzelle ein. Die Chlamydozoen würden von innen her wirken. Das Resultat würde freilich in beiden Fällen das gleiche sein, nämlich ein Umsturz der Verfassung der Zelle. Eine *Spezifität* des Reizes scheint bei den Hühnersarkomen insofern vorzuliegen, als es bisher nicht gelang, mit dem „Virus“, welches gewöhnliche Sarkome erzeugt, auch die knochen- und knorpelbildende Sarkomform der Hühner, die von *Rous* beschrieben wurde, hervorzurufen. Aber gerade diese Tatsache zeigt, wie vorsichtig wir mit Verallgemeinerungen sein müssen. Wir kämen schließlich

dazu, für jede besondere Geschwulstform einen besonderen spezifischen Erreger anzunehmen. Wir werden also gut daran tun, das fragliche Hühnersarkom vorläufig als einen Spezialfall zu betrachten, der nach jeder Richtung hin noch weiterer Aufklärung bedarf. So wenig dieser Fall für eine spezifische parasitäre Ätiologie aller Geschwülste beweisend ist, so sehr ist es auch übers Ziel hinausgeschossen, wenn man den Fall benützen will, um die Zelle als letzte Lebenseinheit im Sinne *Virchows* in Mißkredit zu bringen und eine Pathologie der Zellteile, der Bioplasten, zu proklamieren.

Die Transplantationen des Carcinoms und Sarkoms der Mäuse und Ratten haben sehr bemerkenswerte Resultate bezüglich der verschiedenen Grade der „*Virulenz*“ des *Geschwulstmaterials* einerseits, der Resistenz des Tierkörpers gegen Tumoringpfung andererseits gezeigt. In vielen Fällen ist eine ganz erstaunliche Wuchskraft und Überpflanzungsfähigkeit des Geschwulstmaterials festgestellt worden. Die Wachsenergie ist auch spontanen zyklischen Schwankungen unterworfen. Sie kann durch allerlei Eingriffe gesteigert und vermindert werden. Alle diese Tatsachen zeigen wieder die große Bedeutung der in den Blastomzellen selbst gelegenen Kräfte. Hingegen weisen die nach Rasse, Alter, Herkunft, Haltung und Ernährung wechselnden *natürlichen Resistenzen der Versuchstiere* auf die früher erwähnten Einflüsse des Gesamtkörpers hin. Die Experimente stellten die Möglichkeit fest, diese Resistenzen zu vermindern und zu erhöhen, und sie führten so zur Aufdeckung einer *Geschwulstimmunität*. Natürlich erworbene Immunität liegt vor, wenn nach Spontanheilung spontan entstandener Geschwülste Tumoringpfungen nicht mehr angehen. Künstlich erworbene aktive Immunität kann durch Vorbehandlung mit arteigenem Tumormaterial erreicht werden. Über die passive Erwerbung von Immunität durch Übertragen von Serum aktiv immunisierter Tiere sind die Akten noch nicht geschlossen. Die Geschwulstimmunität ist relativ oder absolut. Sie tritt in erster Linie bei Behandlung mit lebendem Tumormaterial ein, jedoch hatten auch Autolysate von Tumoren immunisatorischen Effekt. Die Geschwulstimmunität weist nicht den ausgesprochenen spezifischen Charakter der Bakterienimmunität auf. Mit Krebs kann gegen Sarkom und umgekehrt mit Carcinom gegen Chondrom immunisiert werden. Arteigenes Tumormaterial ist am wirksamsten, artfremdes kann aber auch Immunität erzeugen. Auch *normale* (ausdifferenzierte und embryonale) arteigene Gewebe sowie arteigenes Blut wurden mit Erfolg zur Immunisierung benützt. Die Homologie spielt insofern eine Rolle, als z. B. gegen Hautkrebs am besten die Haut immunisatorisch wirkt. Das Wesen der Geschwulstimmunität ist noch nicht genügend aufgeklärt. Allgemeine humorale und lokale zelluläre bzw. gewebliche Reak-

tionen scheinen im Spiele zu sein. Spezifische Antikörper sind bisher im Blute noch nicht gefunden. Abbaufemente, die gegen den als Antigen verwendeten Tumor gerichtet waren, konnte *Abderhalden* im Serum der Versuchstiere nachweisen.

Wer *Virchows* Lehre von den krankhaften Gewächsen zur Hand nimmt und die Erfahrungen und Ansichten, die dort niedergelegt sind, mit denen der modernen Geschwulstlehre vergleicht, wird zugeben müssen, daß die Schüler auf den Wegen, die der Meister gewiesen hat, weitergearbeitet und auch neue Wege erschlossen haben. Er wird zugeben müssen, daß die pathologische

Anatomie ihren Anspruch, eine biologische Wissenschaft zu sein, wenn irgendwo, so auf diesem Gebiete weiter begründet hat. Die Morphologie und Physiologie der Blastome kann als weitgehend aufgeklärt gelten. In die formale und kausale Genese der Geschwülste sind wir weiter eingedrungen, und wenn uns auch die letzten Geschwulsträtsel noch verborgen bleiben, so gibt uns doch der bisherige Arbeitserfolg Mut und Hoffnung, auch dieses Dunkel noch einmal erhellt zu sehen. Mögen alle Forscher bei diesem Streben dem Geiste unserer beiden Jubilare, dem Geiste *Rudolf Virchows* und *Felix Marchands* treu bleiben!

Entzündung.

Von M. Löhlein, Marburg.

Die Entzündung ist oft als ein — zuweilen geradezu als *das* — Schmerzenskind der Pathologie bezeichnet worden. Ein Blick in die neuere medizinische Literatur zeigt, daß sie gerade im letzten Jahrzehnt wieder Gegenstand lebhaftester Erörterung unter den Pathologen gewesen ist, die eine große Gegensätzlichkeit der Anschauungen hat zutage treten lassen. Wie schon vor etwa 40 Jahren *Thoma*, so ist kürzlich *Ricker* dafür eingetreten, den Begriff überhaupt auszumerzen. Aber er dürfte mit diesem Vorschlage nicht durchdringen; fast jeder unserer lebenden Pathologen hat zum Entzündungsbegriff in positivem Sinne Stellung genommen; noch scheinen die Ansichten weit auseinander zu gehen; aber letzten Endes ruhen sie auf derselben Grundanschauung, die sich in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts durchsetzte — an die Namen *Marchand*, *E. Neumann*, *Metschnikoff*, *Ribbert*, *Bier* geknüpft —, auf der Auffassung der Entzündung als eines Abwehrmechanismus, der nach bestimmten schädigenden Einwirkungen auf Gewebe des tierischen Körpers in Funktion tritt.

Die Erscheinungen, unter denen dies geschieht, sind im Einzelnen von verwirrender Mannigfaltigkeit, ihre Analyse ist vielfach noch in den Anfängen, teilweise vollständig strittig. Im engen Rahmen eines zusammenfassenden Aufsatzes werde ich unmöglich *allen* Anschauungen der Pathologen — auch nur hinsichtlich der wichtigsten Phänomene und der grundlegenden Fragen der begrifflichen Abgrenzung — gerecht werden können. Deren Auswahl wäre ja von vornherein Gegenstand der Diskussion. Ich glaube zweckmäßiger den umgekehrten Weg einzuschlagen und an die Spitze meiner Darstellung diejenigen Gesichtspunkte zu stellen, die mir selbst für die Orientierung besonders nützlich erscheinen.

Wenn man — mit vollem Recht — die Forderung nach einer *biologischen* Deutung der Entzündungsvorgänge aufgestellt hat (*Aschoff*),

so muß man folgerichtig diese Vorgänge bei Vertretern aller Klassen des Tierreiches vergleichend zu beobachten trachten, wie das schon vor Jahrzehnten von *Metschnikoff* durchgeführt worden ist. Die Ergebnisse dieser groß angelegten Untersuchungen sind angesichts der Fortschritte der Entwicklungslehre in mancher Hinsicht anders aufzufassen, als dem Stande der Kenntnisse zu Anfang der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts entsprach. In schlagwortartiger Kürze formuliert lauten sie im Sinne *Metschnikoffs*: der von entodermalen Elementen in immer weiterer Ausgestaltung der Organe getragenen *Verdauung* und *Resorption* der Nahrung steht bei den Metazoen eine in gleichem Grade immer weiter ausgestaltete Funktion „mesodermaler“ Elemente gegenüber, die der *Phagocytose parenteral* in die Gewebe gelangten ortsfremden Materialien dient, die „Entzündung“. — Die einseitige Hervorhebung der Phagocytose war es vor allem, die den Anlaß zu einer fast allgemeinen Ablehnung von *Metschnikoffs* Lehre gab. (Immerhin hat gerade *Marchand* deren Bedeutung wiederholt anerkannt und hervorgehoben.) Nicht als wesentlichstes Glied in der Kette der Abwehrvorgänge, aber als Prototyp eines solchen, der zur Abgrenzung, Resorption, zuweilen auch zur Zerstörung oder Entgiftung gewebefremden Materiales führt, können wir den Vorgang der Phagocytose sehr wohl auch heute noch gelten lassen. Je höher die Differenzierung der Organismen, um so verwickelter werden die Vorgänge, die an seine Stelle treten (ohne daß dabei phagocytäre Prozesse völlig verschwinden), bis zu jenen höchst merkwürdigen Vorgängen am Blutgefäßbindegewebsapparat des Menschen und der höheren Wirbeltiere, die seit Jahrtausenden als „akute Entzündung“ Gegenstand der medizinischen Beobachtung gewesen sind.

Das Einheitliche, das wir herauschälen müssen, wollen wir dem Wesen der Entzündung vom biologischen Standpunkt gerecht werden,

liegt demnach in der Reaktion des den Stoffwechsel der Gewebe (der „Parenchyme“) vermittelnden *Stützgewebes* der Metazoen auf pathologische Reize, die in einer im einzelnen ungemein mannigfaltigen Weise durch das („parenterale“) Einwirken gewebefremden Materials verschiedenster Art — von Fremdkörpern, parasitischen Lebewesen, Produkten des Zerfalls von körpereigenen Zellen, des Abbaues eigener Protoplasmakörper — bedingt werden. Den Mechanismen dieser Regulationsvorgänge beim höheren Wirbeltier mit verwickeltem Blutgefäßnervenspiel stehen einfachere bei den Tienklassen gegenüber, die ein geschlossenes Gefäßsystem nicht besitzen.

Wenn ich trotz des Widerspruchs mancher Pathologen (neuerdings besonders *Rickers*) an der kurz entwickelten — im Sinne biologischer Zweckmäßigkeit „teleologischen“ Definition der Entzündung festhalte, so gehe ich doch andererseits bei dem Versuch einer Darstellung des entzündlichen Geschehens von der Analyse eines akuten Entzündungsprozesses beim Menschen aus. Läßt sich der Begriff der Entzündung nur auf der breiten Basis der vergleichenden Pathologie der tierischen Organismen entwickeln, so ist andererseits die eigentliche Aufgabe der Forschung die Analyse des Mechanismus der einzelnen entzündlichen Vorgänge.

Die Kardinalsymptome des *Celsus*, die durch Feststellung dessen abgegrenzt wurden, was das unbewaffnete Auge und der tastende Finger an einem entzündeten Teil wahrnehmen — Rötung, Schwellung, Erhitzung —, sind erst im letzten Jahrhundert durch die mikroskopische und experimentelle Methode einerseits, die klinische Beobachtung andererseits auf eigentümliche Veränderungen der Zirkulation und auf die Bildung des entzündlichen Exsudats zurückgeführt worden, besonders dank der mikroskopischen Beobachtung *durchsichtiger* „entzündeter“ Körperteile lebender Tiere, z. B. der Zunge oder des Mesenterium vom Frosch, eine Anordnung, die als „Cohnheimscher Versuch“ bekannt ist. Pathologische Anatomen, Physiologen, Pharmakologen und Kliniker haben die Analyse der unmittelbar wahrnehmbaren Vorgänge zu vervollkommen geholfen, und die letzten Jahrzehnte haben der Pathologie wertvolle Hilfe von seiten der physikalischen Chemie gebracht, deren Methoden uns wenigstens hier und da gestatteten, uns von den materiellen Vorgängen eine Vorstellung zu machen, die den Reaktionsprozessen „letzten Endes“ zugrunde liegen.

Am ersten Beginn des verwickelten Geschehens, das wir als akute Entzündung bezeichnen, steht die entzündliche Hyperämie, die sich fast unmittelbar an die Einwirkung einer Noxe (z. B. des Senföls) anschließen kann, aber einer einfachen, für alle Fälle gültigen Erklärung nicht zugänglich ist. Die Frage, ob es sich um

„irritative“ (durch Reizung der Vasodilatoren bedingte) oder um „neuroparalytische“ Hyperämie (durch Lähmung im Bereich des neuromuskulären Konstriktorenapparates) handelt, ist durch neue Untersuchungen von *Groll* allem Anschein nach dahin entschieden, daß bestimmte Reize auf dem einen, andere auf dem anderen Wege wirken. Eine Mitwirkung sensibler Nerven, wie sie von *Bruce*, *Spieß* und (in anderem Sinne) von *Breslauer* auf Grund von Beobachtungen angenommen wurde, die das Ausbleiben der Hyperämie nach Einwirken des Entzündungsreizes auf ein durch Pharmaka oder vorhergegangene Nervendurchschneidung anästhetisch gemachtes Gewebe zeigten, lehnt *Groll* auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse ab. — Ist somit schon der erste Beginn der entzündlichen Zirkulationsstörungen nicht einheitlich zu erklären, so ist vollends deren weiterer Ablauf ungemein mannigfaltig. Auch die neuesten Arbeiten von *Ricker* und *Regendanz* stellen in ihren Ergebnissen — bei aller Anerkennung der umfangreichen und sorgfältigen Untersuchungen — nicht mehr als einen ersten Vorstoß in dies schwierige Forschungsgebiet dar, einen Beitrag zu den Vorfragen nach der Wirkungsweise der Gefäßwandnerven unter verschiedenen pathologischen Bedingungen. Von einer kausalen Analyse der Zirkulationsstörungen in einem Entzündungsherde, wie wir ihn täglich sehen und untersuchen, etwa nach bakterieller Infektion, sind wir noch weit entfernt, vollends aber von einer Erklärung der mannigfaltigen Vorgänge, die sich gleichzeitig mit und unmittelbar nach dem Eintritt der Hyperämie entwickeln, aus den Zirkulationsstörungen und ihren unmittelbaren Folgen, die *Ricker* zwar mit Recht hervorhebt, aber m. E. zu Unrecht ganz *einseitig* als maßgebend hinstellt.

Rötung und Erwärmung des entzündeten Gebietes erklären sich zwar unstreitig aus der Hyperämie. Der Anstieg der Temperatur, der mehrere Grade betragen kann, beruht — wie schon *John Hunter* richtig erkannte, und neue Untersuchungen mit modernen Methoden bestätigten — wesentlich auf der Wärmezufuhr durch das Blut, nicht auf örtlicher Wärmebildung. Nicht so einfach ist die Deutung der entzündlichen „Exsudatbildung“, die unstreitig ebenfalls mit den Zirkulationsstörungen, insbesondere mit Änderungen der Geschwindigkeit des Blutstroms, der Anordnung der Blutelemente, der Durchlässigkeit der Gefäßwände zusammenhängt, aber nicht ausschließlich von diesen Faktoren abhängt: wir wissen, daß inmitten eines Entzündungsherdes infolge des lebhaften Zerfalls von Zellbestandteilen eine Erhöhung des osmotischen Druckes statthat, die *Schade* durch Feststellung einer Gefrierpunktserniedrigung (im Gewebssaft) bis zu $-1,4^{\circ}$ nachwies. Anziehung von Wasser aus den Geweben, vor allem aber aus dem Blute der regionalen Gefäße, namentlich der Kapillaren, wird die Folge sein, aber auch Abgabe von Stoffwechsel-

produkten durch die Gefäßwände hindurch an das Blut, das zugleich flüssige und zellige Bestandteile an die Gewebsflüssigkeit abgibt. Die Entzündungsprozesse erfolgen also zum Teil durch Filtration — abhängig von hydrodynamischen Verhältnissen — zum Teil durch Diffusion — abhängig von Änderungen der Permeabilität der Gefäßwandungen, schließlich aber auch, soweit die Wanderzellen des Blutes sich beteiligen, dank deren Fähigkeit zu selbständiger Ortsveränderung.

Beginnen wir mit der viel erörterten „Emigration“ der entzündlichen Exsudatzellen *αἰετοκύτταρα*, der neutrophilen Leukocyten, so ist gerade dieser unter dem Mikroskop in seinen Einzelheiten oft verfolgte Vorgang noch immer umstritten: Seiner Auffassung als einer durch Chemotaxis erklärbaren, „aktiven“ Wanderung der Zellen durch die Gefäßwand hindurch steht die andere schroff gegenüber, wonach es sich um eine rein „passive“ Auspressung der Zellen, eine „Filtration“ handle. Tatsächlich erwiesen ist, daß die spezifisch leichteren Leukocyten bei verlangsamter Strömung aus der axialen Erythrocytensäule in die Randzone der Gefäße — besonders der kleinen Venen — gelangen und dort langsam an der Gefäßwand hinrollen oder liegen bleiben (Schkloarewsky, Thoma). Dieser „passive“, hydrodynamisch verständliche Vorgang geht dem Durchtritt durch die Gefäßwand voraus, und man kann behaupten, daß er ihn mindestens in dem beobachteten Ausmaß überhaupt erst ermöglicht. Die eigentliche „Auswanderung“ der Zellen, die unter sehr charakteristischen Gestaltveränderungen ihres Zelleibes und des Kernes die Lücken zwischen den Endothelzellen, die sogen. Stomata, passieren, beruht aber zweifellos nicht auf einer Durchpressung. Das ergibt sich daraus, daß man bei heftigen Entzündungen auch in der relativ dicken Wand kleiner Arterien zahlreiche Leukocyten sieht, die in radiärer Richtung zwischen den Wandelementen hindurch Wege zurücklegen, die durch die Einwirkung des „Filtrationsdruckes“ nimmermehr erklärt werden könnten. Im gleichen Sinne ist die Tatsache zu verwerten, daß nach dem Verlassen der Gefäße die Leukocyten in den Gewebsspalten unter fortwährender Gestaltveränderung mehr oder weniger weite „Wanderungen“ ausführen, deren Richtung oft die Annahme einer chemotaktischen Beeinflussung nahelegt, durch „Druckwirkung“ aber keinesfalls bedingt sein kann. —

Die erfolgreichen Versuche Rhumblers u. a., die Bewegungen Einzelliger auf einfache physikalisch-chemische Vorgänge — im wesentlichen auf Quellung und Entquellung oberflächlicher Teile mit Änderungen der Oberflächenspannung — zurückzuführen, dürften auch für die Leukocytenwanderung einmal eine Erklärung ermöglichen, die in exakter Weise heute noch nicht möglich ist.

Beachtenswert ist der Versuch Schwyzers, die scheinbare „Folgerichtigkeit“ der Wanderbewegungen der weißen Blutkörperchen durch rich-

tunggebende Elektronenströme zu erklären, die bei der eigentlichen Emigration die Pseudopodien der Zellen in die schwächsten Stellen der „Membranen“ dirigieren. Auch die Leukocytenwanderung im Gewebe könnte nach Schwyzer durch Ionenwirkung erklärt werden.

Den Austritt von *Plasmabestandteilen*, der sich der unmittelbaren Beobachtung entzieht, haben die Untersuchungen A. Oswalds an Exsudaten seröser Körperhöhlen in einleuchtender Weise dem Verständnis näher gebracht. Oswald stellte fest, daß die Plasmaeiweißstoffe in das Exsudat in gesetzmäßiger Reihenfolge übertreten, die offenbar auf einer vom Grade der entzündlichen Veränderung abhängigen Steigerung der Permeabilität der Gefäßwände beruht: Jedes Exsudat enthält Albumine, manches auch Globuline, aber nur bei stürmischen Entzündungsprozessen ist Fibrinogen in Ergüssen nachweisbar, niemals aber das letzte allein ohne gleichzeitiges Vorhandensein der beiden erstgenannten Eiweißarten, und niemals Globuline allein ohne Albumine. Mit zunehmender Heftigkeit der Entzündung wird also der Durchtritt der visköseren Bluteiweißarten erleichtert, und Oswald folgert hieraus, es müsse ihm eine Quellung der Zellkolloide der Gefäßwand zugrunde liegen, die bei der akuten Entzündung am stärksten sei. Er denkt nicht an eine Quellung der Endothelzellen in toto, sondern an eine solche der sich berührenden Grenzschichten, die „gewissermaßen einen Diffusionskanal für die Plasmabestandteile“ liefern sollen. Die Beobachtungen über die Auswanderung der zelligen Blutelemente zwischen den Endothelien legen die Vermutung nahe, daß an der gleichen Stelle (in der „Kittsubstanz“?) auch die Membran zu suchen ist, deren Quellung dem Durchtritt der Plasmaeiweißkörper zugrunde liegt.

Je nach Art, Stärke, Dauer der auslösenden Ursachen wechseln die Prozesse der Exsudation (und mit ihnen anderweitige Reaktionen der geschädigten Gewebe) in mannigfaltiger, aber gesetzmäßiger Weise, und je nach den besonderen Erscheinungen, nach der „Form des Exsudats“ hat man verschiedene „Formen der Entzündung“ unterschieden, die wenigstens teilweise aus der besonderen Gefäßreaktion im Einzelfalle, teilweise aber auch aus der besonderen funktionellen (chemotaktischen) Erregung von Zellen des Blutes, der Gefäßwände, des Stützgewebes, erklärt werden können. Bisher kann man freilich im wesentlichen nur empirisch diese besonderen Formen entzündlicher Prozesse bestimmten Krankheitsursachen zuordnen; aber namentlich auf *belebte* Krankheitserreger erfolgen oft komplexe Reaktionen so charakteristischer Art, daß man mit mehr oder weniger Recht von einer „Spezifität“ sprechen kann.

Bei einzelnen akuten Erkrankungen findet eine ganz gewaltige Produktion und Emigration von Eiterkörperchen statt, der eine starke prozentuale Vermehrung dieser Zellen im zirkulierenden

Blute und eine Steigerung der Leukocytenbildung in den hämatopoetischen Organen zugrunde liegt. Das Exsudat, das bei einer croupösen Pneumonie in die Alveolen eines oder mehrerer Lungenlappen austritt, kann ein Gewicht von einigen Kilogramm erreichen. Der engere Zusammenhang dieser gesteigerten Funktion der Blutzellbildung mit der (lokalen) Entzündung eines einzelnen Organs ist meist einleuchtend, aber bisher in seinem Mechanismus noch keineswegs geklärt.

Nicht alle zelligen Elemente, die im Entzündungsgebiet auftreten, stammen aber unmittelbar aus dem Blute. Hand in Hand mit den Vorgängen der Exsudation gehen in mehr oder weniger erheblichem Ausmaß solche der Schwellung, Wucherung und Differenzierung, teilweise auch der Mobilisation und Wanderung *autochthoner* Zellen des entzündeten Gebietes, so der Endothelien der Blut- und Lymphgefäße und der adventitiellen Zellen *Marchands*. Von autochthonen Elementen werden vor allem die bald erscheinenden großen phagocytären Zellen abgeleitet, die zerfallene kleinere Zellen, Gewebstrümmer, Fremdkörper mancher Art in sich aufnehmen. Andererseits entstehen aus den genannten Gefäßwandelementen, insbesondere aus den adventitiellen Zellen *Marchands*, durch Differenzierung granuliert, lokomotionsfähige Zellen und zuletzt — wie im eigentlichen hämatopoetischen Gewebe im engeren Sinne — granuliert Leukocyten, die von denen des Blutes, somit auch von denjenigen des Exsudats, nicht zu unterscheiden sind (*Herzog*). (Die Lehre von *P. Grawitz*, der die „Emigrationshypothese“ *Cohnheims* ablehnt, die Zellen des entzündeten Gebietes aus kollagenen und elastischen Fasern und anderen paraplasmatischen Elementen an Ort und Stelle hervorgehen läßt — „Schlummerzellen“ —, steht mit der täglich wiederholbaren Beobachtung der Leukocytenmigration im Widerspruch. Neutrophile Leukocyten, „Eiterkörperchen“, wie sie im Entzündungsherde zu ungezählten Tausenden auftreten, hat noch niemand aus kollagenen Fasern hervorgehen sehen. Die Ergebnisse von Plasmakulturen lassen sich nur mit großer Vorsicht zu Beobachtungen an lebenden Geweben in Beziehung setzen.)

Der Mannigfaltigkeit der entzündlichen Erscheinungen im ersten Stadium ihrer Entwicklung würden wir aber nicht gerecht, wenn wir nicht noch einer Reihe merkwürdiger Tatsachen gedenken, die sich auf Änderungen der entzündlichen Reaktionsweise eines und desselben Organismus unter verschiedenen Bedingungen beziehen. Daß Unterschiede der individuellen (wie der Rassen-, der Spezies-) Empfänglichkeit gegenüber verschiedenen „Giften“ (Infektionserregern u. a.) bestehen, die dazu führen können, daß eine Gewebsschädigung, die in dem einen Falle eine heftige entzündliche Reaktion auslöst, im anderen Falle fast ohne Folgeerscheinungen bleibt, bedarf kaum der Betonung. Es genügt der Hinweis auf das Beispiel der vollkommenen Unschädlichkeit

mancher „menschopathogener“ Keime, z. B. des *Gonococcus*, für unsere Laboratoriumstiere. — Wichtiger erscheint in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß ein und dasselbe Individuum auf die gleiche — „entzündungerregende“ — Schädigung im Falle einer wiederholten Einwirkung einige Zeit nach dem Überstehen der ersten zuweilen vollkommen anders reagiert als bei der ersten Einwirkung: Es handelt sich zum Teil um Erscheinungen der *Gewöhnung*, die bisher so gut wie völlig unaufklärbar sind, zum Teil um solche der *Allergie*, insbesondere der — lokalen und allgemeinen — Immunität, die einer *allgemein* anerkannten Erklärung noch entbehren.

Der Mannigfaltigkeit der initialen Phase des Entzündungsvorganges entspricht eine womöglich noch größere des weiteren Geschehens, der Stoffwechselvorgänge im erkrankten Gebiet, der sich anschließenden Prozesse der Gewebsneubildung mit dem Charakter der Vernarbung oder demjenigen der Regeneration. Von ganz überwiegender, meist von entscheidender Bedeutung für alle diese Vorgänge ist Art und Stärke des die Entzündung auslösenden Momentes, das letzten Endes nach der hier vertretenen Auffassung stets zu einer auf funktioneller Reizung beruhenden gesteigerten Tätigkeit des (Blutgefäß-) Bindegewebsapparates Anlaß gibt.

Aus den Blutgefäßen stammen die mannigfaltigen flüssigen und geformten Bestandteile des Exsudats, stammen die polymorphkernigen Leukocyten, die in besonderem Maße der Phagocytose pathogener Keime dienen, deren proteolytische Fermente — nach dem Zerfall der Zellen — wesentlich beim Abbau toten Gewebsmaterials mitwirken, stammen ferner mannigfaltige kernhaltige Blutelemente von eigenartiger Struktur und Funktion. Genauer erforscht sind in zahlreichen Untersuchungen von all den chaotischen Vorgängen fast ausschließlich die phagocytären Prozesse, deren Gesetze dank der Möglichkeit der Isolierung der Zellen und ihrer Beobachtung unter willkürlich veränderten Bedingungen (im Reagenzglas) eine gewisse Aufklärung erfahren haben. — Sieht man von den regenerativen Prozessen an den Parenchyman ab, die sich leicht abgrenzen lassen, so sind auch jene Zellproliferationen, die im Anschluß an akut entzündliche Prozesse einsetzen und zur Entstehung des Granulationsgewebes, zur Organisation von Exsudaten führen, von den Elementen des Stützgewebes und der Gefäßwände getragen.

In diesem Sinne haben *Ribbert*, *Borst* u. a., neuerdings *Herxheimer*, in mehr oder weniger kategorischer Form jede Entzündung als „interstitiell“ angesprochen, die Aufstellung einer „parenchymatösen“ Entzündung abgelehnt. *Aschoff* betont im Gegensatz hierzu, die Reizbarkeit sei eine Eigenschaft aller Zellen, es sei willkürlich, im Falle der Entzündung eine Reaktion der Parenchyme auf den Entzündungsreiz ausschließen zu wollen. Angesichts unserer mangelhaften

Kenntnisse von den Lebensvorgängen in den Zellen kann man m. E. diesen Streit nicht schlichten wollen. Die Stellung jedes einzelnen zu dieser Frage wird von seiner Auffassung der funktionellen Differenzierung der Gewebe, im besonderen derjenigen der „Parenchyme“ einerseits, des (Blutgefäß-) Stützgewebes andererseits abhängen. Mir erscheint es wahrscheinlicher, daß im Organismus höherer Tiere eine ausdifferenzierte Organzelle — etwa eine Leberzelle — funktionell (und strukturell) so speziell organisiert ist, daß sie sich an Regulationsvorgängen im Sinne der „teleologischen“ Definition der Entzündung nicht beteiligt, die dagegen zur *spezifischen* Funktion des Zwischengewebes gehören. Aber es ist einzuräumen, daß diese Abgrenzung ausschließlich begrifflicher Natur, daß sie in concreto undurchführbar ist, weil wir heute noch nicht entscheiden können, ob eine Veränderung, die wir an einer Parenchymzelle beobachten können, ausschließlich Ausdruck einer Schädigung oder Symptom einer reaktiven Regulation ist. (Regenerative Vorgänge gehören im Sinne dieser Darstellung nicht zur Entzündung.)

In einer seiner neuesten Veröffentlichungen hat sich *Bier*, der seit längerer Zeit mit großer Entschiedenheit die „teleologische“ Auffassung der Entzündung vertritt und aus dieser Auffassung heraus therapeutische Methoden von grundlegender Bedeutung entwickelt hat, als einen Anhänger der „parenchymatösen Entzündung“ bekannt. Wenn er sich in diesem Zusammenhang unter anderem darauf beruft, daß schon die alten „Transfusoren“ die förderliche Einwirkung des Fremdblutes auf *alle* Organe des Körpers richtig beschrieben hätten, so erscheint uns doch andererseits eine solche allgemeine Wirkung ebenso verständlich unter der Annahme, daß der Fremdstoff nicht mit allen Zellen und Geweben verschiedenster Differenzierung in unmittelbare

Wechselwirkung tritt, sondern mit dem Stützgewebe, dessen in gesteigerte Tätigkeit versetzte Spezialfunktion im Sinne *Borsts* mittelbar durch Förderung des Gewebsstoffwechsels allen Parenchymenten zugute käme. An die nahen Beziehungen zwischen entzündlichen Prozessen und Haematopoese und an die wahrscheinlich engen Beziehungen der Immunitätsvorgänge zu den blutbildenden Organen sei im gleichen Sinne erinnert. Alle diese Tatsachen und Erwägungen sprechen zugunsten der Anschauung von einer speziellen entzündlichen Funktion des Blutgefäßbindegewebsapparates im *weiten* Sinne des Wortes.

Der Sprachgebrauch der medizinischen Literatur hat der historischen Entwicklung gemäß die Ausdrücke „Entzündung“ und „entzündlich“ in einem engeren Sinne auf die *örtlichen* Reaktionen nach parenteralen Reizwirkungen beschränkt, mögen sie — wie bei jeder Heilung einer aseptischen Wunde — geringfügig, ja, nur mit Hilfe sorgfältiger Untersuchungen überhaupt nachweisbar sein, oder — wie bei einem Staphylokokkeninfekt — das volle Bild der akuten Entzündung im Sinne der klassischen Darstellung bieten. Es wäre grundsätzlich falsch, den Begriff noch weiter einzuschränken, etwa — wie es vorgeschlagen worden ist — auf jene reaktiven Prozesse, die durch bakterielle Infektion ausgelöst werden.

Literatur.

- Metschnikoff, E.*, Pathologie comparée de l'inflammation. Paris 1892.
Marchand, F., Der Prozeß der Wundheilung. — Ferner Die natürlichen Schutzmittel. Leipzig 1900.
Klemensiewicz, R., Die Entzündung. Jena, Fischer, 1908.
Borst, Beitr. zur Allg. Pathol. u. Pathol.-Anat. 63, S. 725 flg.
Aschoff, S., Beitr. zur Allg. Pathol. u. Pathol. Anat. 68, H. 1.
v. Gaza, Bruns' Beiträge 110, H. 2.

Zellentartung und Zelltod.

Von R. Röfle, Jena.

Virchows Lebenswerk hat den größten Erfolg gehabt, den sich ein Naturforscher wünschen kann: es ist seinen Zeitgenossen so in Fleisch und Blut übergegangen, daß sie es selbst nicht mehr wissen wie sehr; es ist ein Teil unseres medizinischen Denkens geworden, Theoretiker und Praktiker sprechen in seiner Sprache. Und so sehr sind seine Anschauungen vom gesunden und vom kranken Leben Allgemeingut der Ärzte geworden, daß oberflächliche Beurteiler die Meinung äußern konnten, sie seien abgetan, weil von ihnen nicht mehr die Rede sei. Aber es wird ein neuer Kampf um sie entbrennen. Wir stehen im Beginn einer neuen Entwicklung der medizinischen Grundanschauungen, und es wird sich von neuem erweisen müssen, ob der in der

Zellulärpathologie *Virchows* gipfelnde lokalisatorische Gedanke der Medizin nicht sowohl neuen Ideen, als vielmehr den sie bewirkenden Beobachtungen widerstehen können.

Die geistige Gewalt der Persönlichkeit *Virchows* entspringt einer in der Geschichte der Wissenschaft selten hohen Vereinigung von induktischer und deduktischer Begabung, von Fähigkeit zu Beobachtung und zu Abstraktion. Was aber seine Lehre anlangt, so liegt ihre Lebenskraft einerseits in ihrer breiten biologischen Grundlage, andererseits in ihrer gleichzeitig morphologischen und physiologischen Fassung. In seiner Rede „Über Morgagni und der anatomische Gedanke“ auf dem internationalen medizinischen Kongreß in Rom im Jahre 1894

zeigte er, „wie die alte, zuletzt dogmatisch gewordene Medizin ihre Freiheit wiedergewonnen hat und zu der neuen, naturwissenschaftlichen Medizin geworden ist“, und er rühmt von der Anatomie, daß ihr im Kampf um diese Freiheit der Preis zugefallen sei. Auf der anderen Seite sind *Virchows* eigene Fassungen seiner Lehre offenbar bewußt funktionelle, physiologische, z. B. in folgender Wiedergabe: „Diese Lehre, die natürlich eine Zellulatheorie des Lebendigen überhaupt einschließt, geht davon aus, daß die Zellen die eigentlich wirkenden Teile des Körpers, die wahren *Elemente* desselben sind, und daß von ihnen alle vitale *Aktion* ausgeht. Da aber das Leben selbst nur durch Aktion sich äußert, so ist die Erkenntnis der verschiedenen Arten der Aktivität und ihre Störung die eigentliche Aufgabe der Pathologie.“

Man muß gestehen, daß der große Gedanke *Virchows* von der Pathologie als „biologischer Wissenschaft“ nicht so gleichmäßig zur Durchführung gekommen ist, als es sein Wunsch und sein Ziel war. Der Fortschritt der Wissenschaft war auch hier wieder einmal durch Zufall und durch die menschliche Unzulänglichkeit bestimmt. Der erstere brachte Entdeckungen, welche von dem systematischen Ausbau in *Virchows* Sinn ablenkten und in den Errungenschaften der Chirurgie, der Bakteriologie und der Immunitätswissenschaft ergaben sich gewaltige Neuerungen, die zum Teil unabhängig von jeder theoretischen Grundanschauung sich Platz in der Medizin verschafften. Die menschliche Unzulänglichkeit forderte ihr Opfer, indem die Bequemlichkeit anatomischer und mikroskopischer Forschung einerseits, die scheinbar unüberwindlichen Schwierigkeiten einer Mikrophysiologie andererseits die pathologische Forschung bald allzu sehr in das rein morphologische Fahrwasser drängten.

Kaum auf einem Einzelgebiete zeigt sich diese Erscheinung so deutlich als auf demjenigen unseres besonderen Gegenstandes, nämlich bei der Erforschung von *Zellentartung* und *Zelltod*. Nicht nur sind Entartung und Tod Begriffe, welche, wie im kleinen, so im allgemeinen, wie für die Zelle, so für das Individuum, ja darüber hinaus allgemeine biologische Geltung haben, sondern es sind Vorgänge, nicht Zustände, die eine Entwicklung haben, und bei dieser Entwicklung von Degeneration zur „Nekrobiose“ und von dieser zur Leblosgkeit findet eine Änderung nicht nur des Ansehens, des Baues, sondern auch — um den *Virchowschen* Ausdruck zu wiederholen — der Aktivität der Zelle statt. Nun kennen wir aber zwar in einigen Richtungen die veränderte äußere und innere Gestaltung der kranken, entartenden oder entarteten Zelle, so gut wie nicht aber ihre abgeänderte Leistung, das Wie und Wieviel der Leistungsstörung, oder kurz ausgedrückt: *es gibt noch so gut wie keine pathologische Physiologie der Zelle*.

Wenn Zellen leiden, so ist dies in der Mehr-

zahl der Fälle kein passiver, sondern ein aktiver Vorgang, erstens weil meistens, z. B. bei Giftwirkungen, die Zellen sich gegenüber den an sie herangekommenen Reizen in besonderer, unterschiedlicher Weise verhalten: sie wählen aus, stumpfen ab oder spitzen zu, was an solchen Reizen sie berührt; zweitens verarbeiten sie den Reiz als lebendiges System, sei es etwa einen eingedrungenen Fremdstoff oder sei es, daß sie eine Abänderung ihres Zustandes auszugleichen suchen, den sie in physikalischer oder chemischer Hinsicht durch den Reiz erlitten haben. Man kann sagen, daß eine Reizung um so gefährlicher für die Gesundheit und das Leben einer Zelle sein wird, je mehr sie gezwungen ist, sich dabei passiv zu verhalten; so sind Zellen wehrlos gegen Erstickung, gegen Nahrungssperre anderer Art, gegen mechanische Erdrückung, gegen Überhitzung, wobei auch die Plötzlichkeit der Einwirkung die Gefahr steigert, weil Ausgleich durch Anpassung dabei gehindert ist. Wir wissen, daß Gewöhnung an Hunger, Sauerstoffmangel, Zerrung und Pressung, hohe Temperatur für das Protoplasma bis zu gewissem Grade durchaus im Bereich der Möglichkeit liegt; wir wissen ferner, daß die Empfindlichkeit gegenüber diesen Schädigungen nicht nur bei verschiedenen Individuen (niederen und höheren Lebewesen und Lebewesen gleicher Gattung), sondern bei den verschiedenen Geweben desselben Tieres, ja sogar bei den verschiedenen Zellen desselben Gewebes verschieden groß ist. Es gibt natürlich Reizgrößen und Reizarten, welche auf jeden Fall unerträglich und mit dem Fortbestand von Lebenserscheinungen unvereinbar sind; sie führen, ohne vorherige vitale Reaktionen an der Zelle, zu deren Tod: dies gibt das Bild der *akuten Zellnekrose*; die Zelle wird dabei oft in ihrer Form erhalten, und erst später kann die Zell-Leiche passive Veränderungen, Schrumpfung, Verkalkung, Auflösung zeigen, ähnlich wie nach einem Unglücksfall, etwa Blitzschlag und dergl. ein menschlicher Kadaver bis zum Eintritt der Verwesung keinerlei Entstellung zeigt. So können z. B. Ganglienzellen der Hirnrinde plötzlich absterben und ihre Leichen können sich jahrelang in kalkig inkrustiertem Zustande in lebender Umgebung erhalten (z. B. innerhalb von Narbenherden bei Epilepsie).

Nicht unmittelbar tödliche Schädigungen machen Körper wie Zelle krank; Krankheit ist Lebensgefährdung, Zeichen der Krankheit ist verändertes Aussehen und verändertes Verhalten; das veränderte Aussehen besteht in Abweichung der Gestalt der Teile, vor allem von wichtigen (Zell-) Organen, und in Einlagerung von Krankheitsprodukten; solche sind an der Zelle entweder mikroskopisch-morphologisch oder mikrochemisch nachweisbar; schon einfache Quellung und Entquellung, also Wechsel des Wassergehalts und der Wasserbindung wirken in dieser Weise. Das veränderte Verhalten verrät sich in einer Steigerung, noch häufiger in einer Herabsetzung

der allgemeinen oder der besonderen (spezifischen) Leistungen der Zelle; nie bemerkt man dabei etwas Neues, sozusagen Unerhörtes, nur Zerrbilder der normalen Tätigkeit. *Virchow* hat mit Recht immer wieder betont, daß Krankheit nichts ist als abgeändertes Leben; sie ist nichts Neues, Hinzugekommenes; die Zelle kann also zwar einen veränderten, ungewohnten Anblick darbieten, aber in ihrer Krankheit höchstens ein Plus, meistens ein Minus ihrer natürlichen Äußerungen darbieten: Bewegungsvorgänge werden sozusagen zu Krampf und Lähmung im weitesten Sinn, chemische Arbeit entgleist zu falschen stofflichen Mischungen.

Entarten und sterben kann nur, was lebt; „Das Charakteristikum des Lebens finden wir in der Tätigkeit“ (*Virchow*). Worin liegt nun das Verhältnis von Entartung zu Tod und worin haben wir das Wesen beider Vorgänge zu suchen? Sicherlich sind nicht alle Entartungen tödlich; es gibt Erholung, Heilung, Aufartung; aber jedes langsame Absterben der Zelle ist mit Erscheinungen verbunden, welche Entartungscharakter haben; viele Entartungen sind sozusagen nur Umwege zum Tode, Leidensstationen der Zelle; den Vorgang des langsamen Zelltodes, der mit fortflackernden vitalen Reaktionen verläuft, nennt man mit *Virchow* *Nekrobiose*. Das Leben ist hier mit dem Tode verknüpft, vielfach nicht nur in zeitlicher Folge, sondern in einem Nebeneinander von bereits verfallenen und verfallenden Zellelementen.

Die Lehre von den Entartungen ist heute noch ebenso widerspruchsvoll wie zu *Virchows* Zeit. Liest man seine „Zellulärpathologie“ — und sie ist noch heute lesenswert durch die scharfe Logik der Darstellung und den Reichtum an unvergänglichen Beobachtungen —, so empfindet man die Kapitel über die Degenerationen als die schwache Seite des berühmten Buches. Schon die Definition, die *Virchow* daselbst (4. Aufl. 1871, S. 92) von der Entartung gibt, befriedigt trotz ihrer Einfachheit nicht; er kennzeichnet nämlich die Entartung als „Abweichung von der Eigenart des typischen Gewebes“; dies genügt nicht, da wir solche Abweichungen unter Umständen sehen, die sicherlich keinen Entartungscharakter haben, z. B. bei Heilungsprozessen, wo zellige Strukturen vorübergehend unfertigen, erst allmählich der Norm sich wieder nähernden Bau haben, ferner bei der sog. Metaplasie; dieser liegt eine Fehlentwicklung mit dauernder (nicht zum Untergang führender) Änderung der zelligen Form, ein Ersatz der einen durch eine andere, an sich normale, höchstens ortsfremde Zellart zugrunde. Daß dies nicht dem Begriff der Entartung entspricht, unter der der Sprachgebrauch eine (fortschreitende) Verschlechterung eines Zustandes versteht, liegt auf der Hand.

Die Hauptschwierigkeit ergibt sich aber bei *Virchow* in dem Widerspruch zwischen seiner Anschauung vom Leben in den Geweben und von

den Formen der daselbst sich abspielenden Entartungen. Leben ist für ihn eine ausschließlich zelluläre Eigenschaft; „nirgends ist Interzellularsubstanz erregbar“, „Erregbarkeit“ aber ein Hauptmerkmal des Lebendigen; erregbar ist die Eigenschaft, vermöge welcher ein Lebendiges „auf eine äußere Einwirkung in Tätigkeit gerät“. Wir sahen aber, daß Entartungen nicht passive Zustände sein können. Nur bei übermächtigen Schädigungen vermag das empfindliche Protoplasma nicht mehr lebendig zu reagieren; Entartungen können aber immer nur aus einer krankhaften Tätigkeit des Protoplasmas verstanden werden. *Virchow* zählt aber unter den Entartungen auch solche auf, die sich gar nicht in, sondern zwischen den Zellen abspielen (z. B. die von ihm sog. amyloide, frühen „speckige“ Entartung) und solche, bei denen von einer Aktivität des Substrats keine Rede mehr sein kann, wie bei der Verkalkung.

Wir gehen hier nicht auf die Frage ein, ob *Virchow* mit der Ablehnung von Lebensvorgängen an den nicht zelligen Bestandteilen der Gewebe Recht oder Unrecht hatte, zumal die Frage auch heute noch verschieden, am vorsichtigsten vielleicht dahin beantwortet wird, daß es verschiedene Stufen der Lebendigkeit gibt, daß zur Diagnose „Leben“ nicht immer alle seine Merkmale vereinigt sein müssen. Wohl aber muß betont werden, daß auch heute noch weder der Begriff noch die Systematik der Entartung genügend geklärt ist.

Was den Begriff anlangt, so leidet er daran, daß er heute einer großen Anzahl verschiedenster Forschungsgebiete angehört und Genüge tun muß. Der Psychiater, der Tierzüchter, der Anthropologe, der Sozialhygieniker und der Historiker haben kein geringeres Interesse als der Pathologe an einer scharfen und umfassenden Definition der „Degeneration“. Zunächst sei festgelegt, daß man von Entartung nur reden sollte bei einem lebendigen Organismus irgendwelcher Art, sei es bei einer Summe von Individuen, wie Staat oder Volk oder Familie, sei es bei einzelnen Individuen, natürlich auch bei Elementarorganismen wie den Zellen. Für alle diese Beispiele bedeutet Entartung eine zunehmende Schädigung oder einen gefährvollen Zustand durch Einbuße hochwertiger Eigenschaften, begleitet von verschlechterter Fähigkeit zur Entwicklung, Anpassung und Heilung.

Eine befriedigende Einteilung der Entartungen der Zelle und der Gewebe wäre dann gegeben, wenn wir jeweils sagen könnten, was an der Zelle entartet ist, sei es, daß wir die betreffende Desorganisation oder „regressive Metamorphose“ in ultramikroskopischer Weise über *Virchow* hinaus in Zellorgane zu lokalisieren vermöchten, etwa in eine Verletzung der Zellmembran, in eine Schädigung der Zentrosomen, des Kerns, der Mitochondrien usw., sei es, daß wir anzugeben imstande wären, daß die oder jene Leistung, z. B. der

Stoffwechsel, die spezifische motorische oder chemische Funktion, die Atmung, das Wachstum, die Ersatz- oder Teilungsfähigkeit in beschädigtem Zustande vorlägen; wie etwa die Blutströmung im Herzen bei einem Herzfehler. Freilich, wenn wir ganz genau zusehen, so würde sich bei der Erfüllung dieses weitgesteckten Zielés alsbald der Begriff der Entartung überflüssig erweisen, wie er überhaupt einer scharfen logischen und phänomenologischen Zergliederung nicht recht standzuhalten vermag. Er bezeichnet nicht etwa eine naturwissenschaftliche Erscheinung, sondern er ist ein Werturteil über einen Zustand, der aus einer Reihe von beobachteten Erscheinungen sich ergibt; wenn wir z. B. von fettiger Entartung sprechen, so ist nicht das Fett als solches das Wesen dieser Degeneration, sondern seine Anwesenheit die Folge einer Zellstörung, bei welcher Fett in der Zelle in Mengen und Verbindungen auftritt, die ein Ergebnis krankhafter Zelltätigkeit sind. In Ermangelung besserer Erkenntnis sind wir aber gewohnt, die Entartungen nach den auffälligsten Zeichen, z. B. nach den „Entartungsprodukten“ zu nennen; aber einerseits fehlt uns ein einheitliches Prinzip der Klassifikation, da sie bald nur morphologisch, bald mikrochemisch faßbar ist; andererseits, und dies ist noch bedenklicher, stimmt in vielen heute noch üblichen Verwendungen die Diagnose „Entartung“ überhaupt nicht. Die sog. „trübe Schwellung“, bei der körnige Einlagerungen bzw. flockige Ausfällungen von Eiweißmassen im Protoplasma auftreten, braucht nicht immer eine „albuminoide Degeneration“ zu sein, da dasselbe Zustandsbild der Zelle bei physiologischer Reizung möglich ist; die Verwässerung des Protoplasmas bis zur „tropfigen Entmischung“ und bis zur „vakuoligen Entartung“ müßten wir mit demselben Recht „wäßrige Entartung“ nennen; nicht jede krankhafte Ansammlung von Fetttropfen bedeutet, wie bereits *Virchow* scharf ausgeführt hat, eine fettige Entartung, und ganz und gar nicht trifft auf die krankhaften Anhäufungen an sich zelleigener Stoffe, wie bei der Hyperpigmentierung, Hyperkeratosis (Verhornung), Verschleimung die Bezeichnung „Entartung“ zu. Denn selbst, wenn wir vermöchten, den Nachweis zu erbringen, daß die Zellen dabei geschwächt oder in ihrem Fortbestand gefährdet wären — was *Virchow* ausdrücklich als maßgeblich für den entarteten Zustand angibt —, so wäre noch nicht bewiesen, ob jene Erscheinungen Ursache oder — was wahrscheinlicher ist — Folge der Zellentartung sind. Im großen und ganzen sind wir hinsichtlich der Entartungen seit *Virchow* nicht viel weiter gekommen. Im wesentlichen liegt es an unserer ungenügenden Kenntnis über den chemischen, bzw. chemisch-physikalischen Bau des Protoplasmas.

Aus dem Gesagten geht schon zur Genüge hervor, daß dem Begriff „Entartung“ — neben allen anderen Eigenschaften, — auch noch ein

vitalistischer Beigeschmack anhaftet, und dies erschwert weiter seine Anwendung. Denn je mehr wir die zellulären und geweblichen Vorgänge auf mechanische Weise zu erklären vermögen, etwa die Zellteilung, die Phagozytose (Freßtätigkeit), die amöboide Bewegung, die Muskelzusammenziehung, desto unabhängiger werden wir von ähnlichen Begriffen; wir können heute dies schon etwas mutiger behaupten als *Virchow*, der seinem ganzen Denken nach ausgesprochener Mechanist war und vitalistische bzw. animistische Erklärungen ausschied, wo er konnte. In dem, was er automatische Vorgänge an den Zellen nannte, versteckten sich aber natürlich noch spezifische, unerklärliche Lebensvorgänge, und es ist in diesem Punkt lehrreich, darauf hinzuweisen, daß er ausdrücklich hervorhebt (S. 359), wie schwierig die Grenzen zwischen den automatischen und den osmotischen Vorgängen zu ziehen seien; deshalb lehrreich, weil die noch in den allerersten Anfängen befindliche Mikrophysik heute uns schon Anhaltspunkte zur Aufklärung solcher Lebensvorgänge zu geben geeignet ist, die mit Bewegungen durch Quellung und Entquellung verknüpft sind, wie Kontraktion, Ortveränderungen, Sekretion der Zellen. Schrumpfung und Schwellung können den Eindruck der Freiwilligkeit und selbst der Absichtlichkeit machen, sagt *Virchow*. Die Vorgänge und Zustände, die wir heute als Entartungen bezeichnen, werden allem Anschein nach auch ein Gegenstand der physiko-chemischen Aufklärung werden, allerdings ein noch schwierigerer als die natürlichen Vorgänge nach Art der oben genannten.

Die verschlechterte Beschaffenheit intra- und interzellulärer Strukturen führt über einige wenige Endstadien der Entartung, wie Auflösung, Gerinnung, molekulärer Zerfall, Kontinuitätstrennungen zum Tode des lebendigen Protoplasmas. Während die Diagnose „Entartung“, wie wir gesehen haben, eine Deutung war, ist die Diagnose Tod ein Tatbestand; erloschen sind alle Tätigkeiten, jede Erregbarkeit ist geschwunden und die Lebenszeichen haben den Todeszeichen Platz gemacht. Nun gibt es zwar zweifellos auch teilweisen Zelltod, und diese partiellen Mortifikationen sind schwer, wenn überhaupt zu erkennen; auch noch in einem anderen Sinn ist getötetes Volleben leichter als abgestorbenes Teilleben zu erkennen; lassen wir nämlich Leben auch außerhalb der Zelle zu (s. oben), so ist auch dessen Aufhören viel schwerer zu beurteilen als der Tod des Elementarorganismus Zelle; wie wir am Makroorganismus des menschlichen Körpers den Tod leichter erkennen als an seinen Teilen, so auch am Mikroorganismus der Zelle; und noch ein anderer Vergleich ist zwischen beiden hervorzuheben: hier wie dort ist der Tod meist eine Entwicklung, kein Augenblick; es gibt zwar auch für die Zelle tödliche Unfälle mit sofortigem Tod (Nekrose), wie bei der zu mikroskopischen Zwecken vorgenommenen Fixierung oder son-

stigen Totalgerinnungen; im allgemeinen stirbt aber die Zelle mehr oder weniger langsam ab (*Nekrobiose*, s. oben), und wir nehmen an ihr die Zeichen des nahenden Todes wahr; zum Teil decken diese sich mit den Bildern der verschiedenen Entartungen an Kern und Protoplasma, zum Teil verrät sich die Zellagonie in einem veränderten Verhalten gegenüber vitalen Reizungen, so z. B. in einer diffusen, statt distinkten Färbung bei Vitalfärbung und dergl.; als Hauptkriterium für den eingetretenen Zelltod wird aber die (an der bereits fixierten) Zelle ausbleibende Färbung des Kerns angesehen. Dem Aufhören von Puls und Atmung am sterbenden Menschen haben wir nichts Entsprechendes an der Zelle gleichzusetzen, und es erscheint fraglich, ob die Unfärbbarkeit des Kerns nicht etwa schon ein postmortales oder, noch genauer gesagt, ein kadaveröses Phänomen ist. Zweifellos verändern sich die Zellen nach ihrem Tode weiter; eine Anzahl chemischer Prozesse laufen weiter und endo- wie exozelluläre Enzyme machen sich daran, die tote Zelle bis zur morphologischen Unkenntlichkeit zu zerstören. Es findet noch Stoffaustausch zwischen Kern und Plasma sowie zwischen Zelle und Umgebung statt. Während in der lebenden Zelle Synthese und Zerfall von chemischen Stoffen nebeneinander und immer nur bis zu einem umkehrbaren (reversiblen) Ende laufen, ist der Absterbevorgang durch die Irreversibilität des chemischen Geschehens gekennzeichnet. Letzteres wird in physikalisch-chemischem Sinne weiterhin durch die Erreichung zweier Extreme des Aggregatzustandes des Protoplasmas gekennzeichnet, soweit man bei einem Gemenge emulgierter und suspendierter höchst labiler und komplizierter Stoffe wie beim Protoplasma überhaupt von einem Aggregatzustand sprechen kann! Das eine Extrem ist Verflüssigung, Solbildung, Bildung von immer weniger viskösen Emulsionen, das andere Extrem führt zur entgegengesetzten Phase der fester werdenden Gallertbildung, Erstarrung bis zum festen Gel der Gerinnungsvorgänge. Zuweilen, wie schon bei den den Tod einleitenden Entartungen, findet nebeneinander beides statt: Abscheidung fester und flüssiger Teile in der Zelle. Durch Veränderung der Oberflächenspannung infolge chemischer Dekonstitution von Zellteilen und durch Veränderung anderer physikalischer, vielleicht auch elektromotorischer Kräfte treten dann auch in den Strukturteilen Verschiebungen, Umlagerungen, Stoffwanderungen auf; auf diese Weise sucht man die bei der Nekrobiose der Zelle auftretenden Kernveränderungen zu verstehen, die

als *Karyorrhexis* und *Karyolysis* bezeichnet werden. Die erstere besteht in einem Kernuntergang durch Auftrieb der färbbaren Kernstoffe (des „Chromatins“) an die Kernmembran; dieser Kernwandhyperchromatose folgt die Bildung von Protuberanzen aus der Kernoberfläche ins Plasma hinein und Aus- und Abstoßung der Kernstoffe; das Ergebnis ist ein Schwund des Kerns; bei der Karyolysis handelt es sich um Auflösung und Verschwinden des Kerns; in beiden Fällen geht oft eine Verdichtung des Kerns mit Verklumpung der Kernstoffe (*Pyknosis*) voraus. Die Bedingungen für die verschiedenen Wege der Nekrobiose sind sehr verwickelte. Wir wissen sicher nur das, daß der Verlust des Kerns den Tod der Zelle besiegelt. Wie bei den Entartungen wäre es dringend nötig, nicht nur zu wissen, welche Teile, sondern welche Funktionen der Zellen im einzelnen leiden und inwieweit und wodurch die Unterdrückung der Elementarleistungen das Leben der Zelle gefährden. Als die drei Elementarvorgänge hat *Virchow* die Funktion (spezifische Verrichtung), die Nutrition (Erhaltung durch den Stoffwechsel; Aufnahme, Aneignung und Abgabe von Stoffen) und die Formation (plastische Neubildung von Protoplasma, Regeneration, Wachstum, Zellteilung) angesehen. Diese Einteilung ist noch heute bewährt, aber sie hat auch keine Feuerprobe auszuhalten gehabt; denn noch hat sich kein Objekt und keine Methode gefunden, um diese Leistungen der Zelle, ihre Lebenswichtigkeit und ihre gegenseitigen Beziehungen in reiner Form zu prüfen.

Wenn wir auch in der experimentellen und morphologischen Erforschung des Zelltodes seit *Virchow* Fortschritte gemacht haben, so sind sie doch nur klein und gegenüber den turmhohen Aufgaben, die unserer harren, winzig. Als zellulärpathologische Aufgaben der Zukunft sind zu bezeichnen: die Erforschung der Größe und Wirkungsweise krankmachender Reize auf die Zelle, die Erforschung des Wesens der Zellaffinität gegenüber spezifischen Reizungen und ihres Gegenbildes, der natürlichen oder durch Anpassung erworbenen Resistenz, damit zusammenhängend der Lokalisation von Schädigungen innerhalb der Zelle, die Erforschung der Grenzen der Autonomie der einzelnen Zelle einerseits und das Maß ihrer sozialen Bindung an ihr Muttergewebe und den Organismus andererseits, schließlich die Aufklärung der individuellen Konstitution der Zelle, besonders ihrer erbhaften Anteile.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 42. (Seite 839—862)

21. Oktober 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Bericht über die internationale Astronomenversammlung in Potsdam. Von *O. Birk* und *E. v. d. Pahlen*, Berlin-Potsdam. S. 839.

Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft. Von *Hans Nachtsheim*, Berlin. S. 844.

Über die Entstehung der Eiszeiten. Von *Fr. Nölke*, Bremen. S. 850.

Besprechungen:

Nernst, Walther, Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. 8.—10. Auflage. Von *M. Bodenstein*, Hannover. S. 855.

Graetz, L., Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Von *E. Regener*, Stuttgart. S. 856.

Hettner, Alfred, Die Oberflächenformen des Festlandes, ihre Untersuchung und Darstellung. Von *Fritz Jaeger*, Berlin. S. 856.

Philippson, Alfred, Grundzüge der Allgemeinen Geographie. Von *O. Baschin*, Berlin. S. 857.

Liebermeister, G., Tuberkulose, ihre verschiedenen Erscheinungsformen und Stadien sowie ihre Bekämpfung. Von *A. Lazarus*, Berlin-Charlottenburg. S. 858.

Zuschriften an die Herausgeber:

Die Polflucht der Kontinente. Von *B. Wanach*, Potsdam. S. 859.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 859-862.

Röntgenspektrographische Untersuchungen an Eisen und Stahl (Mit 1 Abbildung). Fließvorgänge beim Stangenpressen in Messing (Mit 5 Abbildungen). Die größte Fördermaschine der Welt. Nordlicht in 600 km Höhe. A novel Magneto-optical Effect. Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege. Internationale Liste asiatischer Ortsnamen.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Tuberkulose

Ihre verschiedenen Erscheinungsformen und Stadien sowie ihre Bekämpfung

Von

Dr. G. Liebermeister

Leitender Arzt der inneren Abteilung des städtischen Krankenhauses Düren

Mit 16 zum Teil farbigen Textabbildungen. (VI, 456 S.)

Preis M. 96.—

Siehe auch die Besprechung auf Seite 858 dieser Nummer!

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Feilzelle angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C

Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (280)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Einführung in die allgemeine Konstitutions- und Vererbungspathologie

Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte

Von Dr. **Hermann Werner Siemens**

Mit 80 Abbildungen und Stammbäumen im Text. (VIII, 230 S.)

1921. Preis M. 64.—

Konstellationspathologie und Erblichkeit

Von Dr. **N. Ph. Tendeloo**

Professor der allgemeinen Pathologie und der pathologischen Anatomie an der Reichsuniversität Leiden

(IV, 32 S.). 1921. Preis M. 8.60

Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung

Von Professor Dr. **Richard Goldschmidt**

(Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem)

Mit 28 Abbildungen im Text. (IV, 163 S.)

1920. Preis M. 38.—*

Restitution und Vererbung

Experimenteller, kritischer und synthetischer Beitrag zur Frage des Determinationsproblems

Von Professor Dr. **Vladislav Růžička**

Vorstand des Instituts für allgemeine Biologie und experim. Morphologie der Medizinischen Fakultät in Prag

(II, 69 S.). 1919. Preis M. 10.—*

(Aus „Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen“, herausgegeben von Wilhelm Roux.)

* Hierzu Teuerungszuschläge

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

21. Oktober 1921.

Heft 42.

Bericht über die internationale Astronomenversammlung in Potsdam

Von O. Birck und E. v. d. Pahlen,
Berlin-Potsdam.

Die diesjährige Zusammenkunft der Astronomischen Gesellschaft, der bekanntlich¹⁾ seit mehr als fünfzig Jahren Astronomen aus allen Kulturländern der Erde angehören, war seit Kriegsende die erste große internationale Gelehrtenversammlung auf deutschem Boden und erfreute sich einer Beteiligung, die in der Geschichte der Astronomischen Gesellschaft fast einzig dasteht: 140 Mitglieder fanden sich aus Finnland, Norwegen, Schweden, Dänemark, England, Holland, Deutschland, Österreich, Tschechoslowakei, Jugoslawien, Schweiz, Italien und Bulgarien zu kameradschaftlicher Tagung im Potsdamer Stadtschloß ein. Das Ausland war z. B. durch *Bohlin* aus Stockholm, *A. L. Cortie* S. J. aus Stonyhurst bei Whalley (Lancaster, England), *Eddington* aus Cambridge (Engl.), *J. G. Hagen* S. J. aus Rom, *Hertzprung* aus Leiden, *Kapteyn* aus Groningen, *Oppenheim* aus Wien, *Popoff* aus Bulgarien, *Stroemgren* aus Kopenhagen, *v. Zeipel* aus Upsala und viele andere Fachgenossen in glänzender Weise vertreten. Auch das amerikanische Mitglied *Th. J. J. See* tat, am persönlichen Erscheinen verhindert, sein Interesse an der Versammlung durch Übersendung einer Abhandlung kund. Das schöne Gelingen dieser eindrucksvollen Tagung ist zum großen Teil ein Verdienst des Verhandlungsleiters *Stroemgren*, der auch während der Kriegsjahre seinen persönlichen Einfluß für die Aufrechterhaltung der Beziehungen zwischen den Astronomen aller Länder der Erde eingesetzt hatte; sein Bericht über diese Beziehungen in den kritischen Jahren erweckte das größte Interesse.

Vorstand. — *Kommissionen für die Sonnenfinsternis 1922 und den Zonenkatalog.*

Der internationale Charakter der Astronomischen Gesellschaft kommt auch in der Zusammensetzung des Vorstandes zum Ausdruck, dem jetzt *Stroemgren* (als Vorsitzender), *Kapteyn* (als sein Vertreter), ferner *Bauschinger* aus Leipzig, *Charlier* aus Lund, *Ludendorff* und *Müller* aus Potsdam, *Oppenheim* aus Wien und *v. Seeliger* aus München angehören, desgleichen in der Liste der über hundert auf dieser Tagung neu aufge-

nommenen Mitglieder (darunter zwei Frauen), von denen 33 Ausländer sind. Wie zuversichtlich man die gemeinsame wissenschaftliche Arbeit der Völker wieder aufnimmt, das mögen folgende zwei Beschlüsse dartun, deren Tragweite an dieser Stelle zu erörtern der beschränkte Raum verbietet: Eine deutsch-holländische Kommission, bestehend aus den Herren *A. Einstein* (Berlin), *E. Freundlich* (Potsdam), *I. C. Kapteyn* (Groningen), *H. Ludendorff* (Potsdam), *R. Schorr* (Hamburg) und *J. Voûte* (Java) wird für September 1922 eine Sonnenfinsternisexpedition nach dem Indischen Ozean in die Wege leiten. Eine andere Kommission, gebildet aus den Herren *J. Bauschinger* (Leipzig), *F. Cohn* (Berlin-Dahlem), *L. Courvoisier* (Berlin-Babelsberg), *I. C. Kapteyn* (Groningen), *K. F. Küstner* (Bonn) und *R. Schorr* wird den Vorschlag begutachten, die Neubearbeitung des großen internationalen Zonenkatalogs²⁾ der Astronomischen Gesellschaft, die eigentlich einer späteren Generation vorbehalten war, schon jetzt in Angriff zu nehmen; sie wird darüber auf der nächsten Tagung (1923) berichten, die, wenn angängig, in Kopenhagen, andernfalls in Innsbruck stattfinden soll.

Ansprachen. — *Arbeitsberichte.* — *Kommission für veränderliche Sterne.*

Die übrigen geschäftlichen Verhandlungen auf der Tagung seien, unter Hinweis auf die an anderer Stelle²⁾ erscheinenden ausführlichen Berichte, nachstehend nur ganz kurz skizziert: Herr Ministerialdirigent Geheimrat *Krüß* betont, als Vertreter des Herrn Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, in seiner Begrüßungsansprache den völkerverbindenden Charakter der Sternenkunde und den Willen der Regierung, den bedrängten wissenschaftlichen Instituten zu dem für volle Mitarbeit mit den anderen Völkern nötigen Rüstzeug zu verhelfen. Herr Bürgermeister *Rauscher* überbringt den Willkommgruß der Stadt Potsdam.

G. Müller macht Mitteilungen über die Fortführung der Vierteljahrsschrift, die während der ganzen Kriegsdauer trotz mannigfacher Schwierigkeiten regelmäßig erschienen ist, und über den bevorstehenden Abschluß des Katalogs der veränderlichen Sterne, der weiterhin durch Ergän-

¹⁾ Vgl. die auf Seite 609 dieses Jahrgangs gegebene Vorbesprechung der Astronomenversammlung.

²⁾ Vgl. *H. Kobold*, Astr. Nachr. Bd. 214, Nr. 5118, S. 97—99. Ein ausführlicher Bericht über die Tagung soll in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft erscheinen; drei mehr auf Allgemeinverständlichkeit abzielende Berichte bringt die in Hamburg erscheinende „Astronomische Zeitschrift“, 15. Jahrg., Heft 8 flg.

zungsbände auf dem laufenden erhalten werden soll; die nötigen Vorarbeiten für diese leistet eine besondere Kommission. *F. Cohn* berichtet über Schwierigkeiten bei der Fortführung des „Astronomischen Jahresberichts“⁽³⁾, dessen Jahrgang 1919 soeben erschienen ist; *J. Baushinger* über die Finanzlage der Gesellschaft, die trotz reichlicher freiwilliger Zuwendungen nunmehr zu einer Erhöhung ihrer Mitgliederbeiträge gezwungen ist.

H. A. Kobold aus Kiel bespricht die Bearbeitung der Kometen. Außer den zahlreichen Kometen, auf deren Wiederkehr nicht zu rechnen ist, da sie sich in hyperbolischen oder parabolischen Bahnen bewegen, sowie 26 Kometen, deren auf Grund eines einzigen Periheldurchgangs berechnete Periode noch der Bestätigung harrt, sind bisher für fünf Kometen von langer Umlaufzeit (70 bis 80 Jahre) und für zwanzig Kometen von kurzer Periode (3 bis 13 Jahre) die berechneten Bahnelemente durch ihre beobachtete Wiederkehr zur Sonne bestätigt worden. Von den kurzperiodischen sind aber zwei bis vier, da sie bei ihrer letzten vorausberechneten Wiederkehrzeit vermißt wurden, als verloren zu betrachten.

Perihelkommission; Beziehungen zur Physik.

Endlich sei eine von *K. Bohlin*, *A. Einstein*, *E. Freundlich*, *F. K. Ginzel*, *H. A. Kobold* und *W. Nernst* gegebene Anregung erwähnt, Mittel und Wege zu einer Neubearbeitung der inneren Planeten zu suchen. Bekanntlich folgt aus den Ende vorigen Jahrhunderts erschienenen Arbeiten von *S. Newcomb* eine nach Abzug der Störungen im Rahmen der klassischen Mechanik unerklärt bleibende Perihelbewegung des Planeten Merkur, die sehr nahe mit dem von *Einstein* auf Grund seiner Relativitätstheorie gefolgerten Betrage übereinstimmt. Da nun inzwischen viel genauere und zahlreichere Planetenbeobachtungen angestellt worden sind, als sie *Newcomb* zur Verfügung standen, so würde eine zusammenfassende Neubearbeitung der alten und neuen Planetenbeobachtungen zur Nachprüfung der *Newcomb*-schen Resultate und zur verschärften Kontrolle der Relativitätstheorie, eventuell auch an der Perihelbewegung anderer Planeten, sehr erwünscht sein. Mit dieser Frage wird sich eine besondere Kommission befassen.

Neben der Perihelbewegung der Planeten fallen auch die zwei anderen Hauptprüfungsmittel der Relativitätstheorie, nämlich die Rotverschiebung der Spektrallinien und die Krümmung der Lichtstrahlen in Gravitationsfeldern, in das Arbeitsgebiet der Astronomen, da diese Effekte unter irdischen Verhältnissen unmerklich klein sind. Das dementsprechend gesteigerte Interesse der Physiker für astronomische Fragen fand seinen charakteristischen Ausdruck in der Anwesenheit mehrerer leitender Physiker, wie *Einstein* und

Nernst, die der Gesellschaft auch als Mitglieder beitraten, und von deren Mitarbeit sich die Gesellschaft besondere Förderung ihrer Ziele versprechen darf.

Besichtigungen der Sternwarten; Ausstellungen.

Der wissenschaftliche Teil der Tagesordnung brachte außer siebzehn weiter unten zu besprechenden Vorträgen an zwei Nachmittagen Besichtigungen dreier großer Institute bei Potsdam: des Astrophysikalischen Observatoriums, des Geodätischen Instituts und der Sternwarte in Berlin-Babelsberg. Die beiden Sternwarten wurden unter Leitung ihrer neuen Direktoren *Ludendorff* und *Guthnick* und ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiter eingehend besichtigt. Die anerkannte Bedeutung und wachsende Vervollkommenung technischer Hilfsmittel für die astronomische Forschung kam in den vielen neuzeitlichen Fernrohren, Beobachtungs- und Meßvorrichtungen dieser Institute zur Geltung, sowie in Sonderausstellungen der Firmen *Askania-Werke* (vormals *Töpfer* und *Bamberg*), *Goerz*, *Zeiß* und *Fueß* in den Räumen des Astrophysikalischen Observatoriums und des Geodätischen Instituts. Ferner hatten die Firmen *Goerz*, *Grimme-Natalis* (Brunsviga), *Kaddatz* (Mercedes-Euklid), *Sabielny* (Archimedes) und *Spitz* (Tim-Unitas) Sonderausstellungen ihrer Rechenmaschinen veranstaltet, die auf den Sternwarten neuerdings mehr und mehr Eingang finden. Unter ihnen interessierten namentlich die Maschinen mit Tastenanschlag, mit Summierwerk für Produkte und mit automatischer Division. Das Astrophysikalische Observatorium zeigte eine Schausammlung von Photogrammen aus allen seinen Arbeitsgebieten.

Wissenschaftliche Vorträge.

Die an den vier Vormittagen (24.—27. August) gehaltenen siebzehn Vorträge⁽⁴⁾ und die an einige von ihnen anschließenden Diskussionen brachten eine solche Fülle von interessanten Gesichtspunkten und Ergebnissen, daß die Berichterstatter notgedrungen nur auszugsweise darüber berichten können unter Hervorhebung dessen, was ihnen als das Wesentlichste erschien. Leider kann dabei auf diejenigen Vorträge nur kurz eingegangen werden, bei denen das Hauptinteresse in den vorgeführten Bildern und Figuren lag, deren Wiedergabe sich an dieser Stelle nicht ermöglichen läßt. Kurze Selbstreferate, die einige Vortragende freundlichst zur Verfügung gestellt hatten, konnten hier und da für nachstehenden Bericht mitverwertet werden.

Die Vorträge sind hier nicht in der chronologischen Folge, in der sie gehalten wurden, aufgeführt, sondern folgendermaßen nach Sachgruppen geordnet:

I. *Praktische Astronomie*: a) Astrometrie (*Meyermann*, *Kühl*, *Kienle*); b) Astrophysik

³⁾ Vgl. die Vorbesprechung Seite 609 dieses Jahrgangs.

⁴⁾ Die in der Vorbesprechung, S. 610 dieses Jahrgangs, in Aussicht gestellten Vorträge von *A. Wilkens* und *A. Marcuse* mußten leider ausfallen.

(Bottlinger, Rosenberg, Tamm, Moll, Ornstein, Freundlich);

II. *Stellarastronomie*: (Hagen, See, v. Zeipel, Oppenheim);

III. *Theoretisches*: a) Oberflächengestalt der Erde (Prey); b) Himmelsmechanik (Bohlin, Stroemgren); c) Relativitätstheorie (Wiechert).

I. *Praktische Astronomie*:

a) *Astrometrie*.

B. Meyermann aus Göttingen kündigt eine geplante, gemeinsame Arbeit der drei großen deutschen Heliometer in Bamberg, Leipzig und Göttingen an. Es sollen Winkelabstände zwischen ausgewählten Fixsternen in größerer Anzahl mit besonderer Genauigkeit ausgemessen werden, damit sie als Normaldistanzen am Himmel, beispielsweise zur Bestimmung des Skalenwerts astronomischer Aufnahmen benutzt werden können. Er bittet, ihm Wünsche bezüglich der zu wählenden Netze mitzuteilen.

A. Kühl aus München spricht über Wesen und Veränderlichkeit der Konturen optischer Bilder. Bekanntlich empfinden wir jene Bilder, die wir von den Gegenständen unserer Umgebung auf der Netzhaut unseres Auges empfangen, als scharf begrenzt, obwohl diese Bilder infolge der dioptrischen Eigenart des menschlichen Auges und der Wellennatur des Lichtes strenge genommen keine scharfe Begrenzung haben können. E. Mach führt diesen Widerspruch darauf zurück, daß die physiologische Begrenzung eines Netzhautbildes nicht unmittelbar durch die auf der Netzhaut vorhandene Helligkeitsverteilung $J(x, y)$ bedingt wird, sondern durch das Verhalten einer aus ihr abgeleiteten „Kontrastfunktion“

$$\Delta J = \frac{\partial^2 J}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 J}{\partial y^2}.$$

Infolgedessen ändert sich das physiologische Bild eines Gegenstandes, wenn ein anderes Bild in seine Nähe gebracht wird. Es ergibt sich daraus eine Fehlerquelle bei mikrometrischen Messungen von engen Doppelsternen, beim Beobachten der Venussichel, der Venus- und Merkurdurchgänge usw., und zwar tritt diese Fehlerquelle nicht nur bei unmittelbarer visueller Beobachtung am Fernrohr auf, sondern auch beim Ausmessen photographischer Aufnahmen. Um die Theorie an Sternen zu prüfen, bringt Kühl vor dem Fernrohrobjektiv ein Balkenkreuz an. Durch Beugung des Lichtes entsteht dann bekanntlich im Brennpunktbildchen eines jeden Sternes ein kleines Beugungskreuz, dessen Mittelpunkt genau den geometrischen Bildpunkt des Sterns anzeigt, den man als Bezugspunkt für die Ausmessung des Brennpunktbildchens braucht. Aus Köhls Beobachtungen sowie aus der Bearbeitung vieler anderweitiger astronomischer Präzisionsmessungen ergibt sich eine weitgehende Bestätigung seiner „Kontrasttheorie“. In der Aussprache bemerkte hierzu Eddington, daß bei der Ausmessung der Finsternisplatten zur Prüfung

der Relativitätstheorie die besprochene Fehlerquelle dadurch ausgemerzt war, daß Finsternisplatte und Vergleichsplatte Schicht auf Schicht lagen, so daß der physiologische Effekt des Koronabildes und des Himmelshintergrundes in der differentiellen Messung herausfiel.

J. Kienle aus München gibt eine Übersicht über den Stand der Parallaxenforschung. Er zeichnet die Häufigkeitskurve der direkt gemessenen Parallaxen als Funktion ihrer Größe, und zwar gesondert für die einzelnen Messungsmethoden und Beobachter. Er ermittelt dann insbesondere die Abweichungen dieser Häufigkeitskurven von einer Gaußischen Fehlerkurve und schließt aus diesen Abweichungen auf das Maß von Realität, das den direkt gemessenen Parallaxen zukommt. Zum Schluß betont er die große Bedeutung der im Mt. Wilson Observatory von A. Kohlschütter und W. S. Adams ausgebauten spektroskopischen Methode für die Erforschung der Parallaxen der entfernteren Sterne.

b) *Astrophysik*.

K. F. Bottlinger aus Berlin-Neubabelsberg bestimmt die Farbe von Fixsternen mittels der lichtelektrischen Zelle, indem er das Licht des Sterns abwechselnd durch verschiedenfarbige Lichtfilter gehen läßt und die auf diese Weise gemessenen verschiedenen Helligkeitswerte miteinander vergleicht. Der Helligkeitsunterschied ist dann ein Maß für die Farbe des Sterns. Es bestätigt sich dabei im allgemeinen der bekannte Parallelismus zwischen Farbenindex und Draperschem Spektraltypus, daß nämlich beim Durchlaufen der Draperschen Typen B, A, F, G, K, M der Farbenindex wächst, d. h. die Farbe rötlicher wird. Die Gabelung der roten und gelben Sterne in Giganten und Zwerge kommt dabei in der Weise zum Ausdruck, daß Riesensterne im allgemeinen rötlicher sind als Zwergsterne vom gleichen Spektraltypus.

H. Rosenberg aus Tübingen spricht über Ermüdungserscheinungen an photoelektrischen Alkalimetallzellen, die besonders in der Nähe des Entladungspotentials auftreten und unter Umständen zu erheblichen Fehlerquellen in den sonst so überaus genauen photoelektrischen Helligkeitsmessungen Anlaß geben können. Er führt diese Erscheinungen auf eine Beladung der Alkalimetallfläche mit einer positiv geladenen Gas-schicht großer Dichte zurück. Nach Erkennung und Ausschaltung dieser Fehlerquelle wächst die Meßgenauigkeit der Methode etwa auf das Hundertfache der Empfindlichkeit des menschlichen Auges für kleinste Helligkeitsunterschiede. Konnte Rosenberg auf der Hamburger Versammlung die Hundertstel-Größenklasse als erreicht bezeichnen, so gilt jetzt das gleiche von der Tausendstel-Größenklasse, und sogar das Zehntausendstel erscheint Rosenberg kein Problem mehr.

N. Tamm aus Kvistaberg Bro (Schweden) zeigt, wie man die farbigen Säume, die die Bilder hellerer Sterne im Refraktor bekanntlich infolge

der Farbenfehler des Objektivs zeigen, zur photographischen Messung des Farbenindex dieser Sterne verwenden kann, wenn man den zentralen Teil des Objektivs durch einen Blendschirm verdeckt.

W. I. H. Moll aus Utrecht beschreibt an Hand von Lichtbildern sein neues Mikrophotometer und die mit diesem erhaltenen Registrierungen der Feinstruktur einzelner Spektrallinien in Spektrogrammen. Während Koch in seinem bekannten Mikrophotometer die Schwärzungen in einem Spektrogramm lichtelektrisch mit Photozelle und Elektrometer mißt, benutzt Moll zu diesem Zweck eine Thermosäule in Verbindung mit einem Galvanometer.

L. S. Ornstein aus Utrecht erläutert an zahlreichen Lichtbildern die in Utrecht mit dem vorerwähnten Mikrophotometer angestellten Intensitätsmessungen in photographischen Spektren.

E. Freundlich aus Potsdam beschreibt an Hand von Zeichnungen das auf dem Gelände des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam im Bau begriffene Turmteleskop, dessen Turm, soeben im Rohbau vollendet, später von den Teilnehmern besichtigt wurde. Bekanntlich ist das Turmteleskop dazu bestimmt, das von einem großen Cölostaten Spiegel aufgefangene Licht der Sonne oder der Sterne einem unterirdischen physikalischen Laboratorium zuzuführen. In diesem thermokonstanten Raum soll in erster Linie die vielerörterte Frage endgültig entschieden werden, ob die Spektren der selbstleuchtenden Gestirne wirklich die von der Relativitätstheorie vorausgesagte Rotverschiebung der Spektrallinien zeigen.

II. Stellarastronomie.

J. G. Hagen S. J. aus Rom⁵⁾ hat am nächtlichen Himmelsuntergrund Helligkeitsunterschiede beobachtet und schließt daraus auf das Vorhandensein dunkler kosmischer Wolken, die besonders dicht am Pol der Milchstraße auftreten, dagegen in der Nachbarschaft von Sternhaufen fehlen.

E. Freundlich teilt einen Bericht des Astronomen Th. J. J. See aus Mare Island, Californien, mit, den dieser anlässlich der Tagung der Astronomischen Gesellschaft übersandt hat. See behandelt darin die Frage des Abstandes der fernsten Sterne der Milchstraße.

E. H. v. Zeipel aus Upsala⁶⁾ berichtet über seine statistischen Untersuchungen über die Massen der Fixsterne. Bekanntlich äußert sich die Masse eines Sterns durch seine Anziehung auf benachbarte Sterne. So war es schon früher möglich, aus der Bahnbewegung einiger Doppelsterne die Massen ihrer Komponenten zu berechnen. Aber auch in den Sternhaufen, von welchen manche mehrere Tausende von Sternen enthalten, wirken die verschiedenen Massen aufein-

ander ein. Infolgedessen häufen sich die schwereren Sterne mehr gegen das Zentrum des Sternhaufens, während die leichteren Sterne weiter verstreut sind, gerade so, wie in unserer Erdatmosphäre ein schwereres Gas tiefer liegt als ein leichteres. v. Zeipel geht nun von einem in Analogie zur Gastheorie gebildeten mathematischen Ansatz für das Verteilungsgesetz der Sterne in Sternhaufen aus („Maxwellsche Verteilung“) und findet diese Verteilung in den von ihm untersuchten inneren Teilen des offenen Sternhaufens Messier 37 vom Mittelpunkt bis zu etwa $\frac{1}{4}$ seines Halbmessers bestätigt. Dabei ergibt sich folgendes: Setzt man die durchschnittliche Masse eines B- oder A-Sterns willkürlich gleich eins, so haben die G-Riesen durchschnittlich die Masse 2,15, die F-Zwerge 0,67, die G-Zwerge (vom Typus unserer Sonne) 0,36. Die gelben Riesensterne sind hier also sechsmal, die weißen Sterne dagegen nur dreimal so schwer wie unsere Sonne. „In der Sternenwelt herrscht dieselbe wundervolle Ordnung, wie in einer aus Molekülen aufgebauten Gasmenge. Die Sterne sind die Moleküle des Universums.“

An v. Zeipels Vortrag schließt sich eine eingehende Aussprache: Freundlich bemerkt, daß die überwiegenden Massen, welche sich aus v. Zeipels Untersuchungen für die Riesensterne ergeben, auch durch die Tatsache bestätigt zu werden scheinen, daß die roten Riesensterne sowohl im allgemeinen Milchstraßensystem als auch in einigen Sternhaufen kugelsymmetrisch verteilt sind, während die Verteilung der übrigen Sterne eine merkbare Abplattung aufweist. Daraus scheint hervorzugehen, daß das Gravitationsfeld des ganzen Systems kugelsymmetrisch und also im wesentlichen allein durch die Anziehung der Riesensterne bestimmt ist, daß dieser gegenüber also die Anziehung der übrigen Sterne — trotz ihrer oft hundertfach größeren Anzahl — ganz zurücktritt. Im Zusammenhang damit berichtet Freundlich über noch unveröffentlichte Untersuchungen, die er zusammen mit Heiskanen aus Helsingfors im Anschluß an Shapleys bekannte Arbeiten an den geschlossenen („kugelförmigen“) Sternhaufen Messier 3 und Messier 13 ausgeführt hat. Geschlossene Sternhaufen hält er für besonders geeignet für derartige Untersuchungen, weil sich in ihnen Zusammenstöße öfter als in offenen Sternhaufen ereignen dürften, wodurch das Zustandekommen einer den Molekülen eines Gases vergleichbaren Sternverteilung begünstigt wird. In ihnen haben sich für die Riesensterne noch erheblich größere Massenwerte ergeben als bei v. Zeipel.

Eddington bemerkt hierzu, daß die von v. Zeipel festgestellte größere Konzentration der roten Sterne im Vergleich zu den weißen nicht notwendig in einer größeren Masse der roten Sterne begründet zu sein braucht, sondern vielleicht mit der verschiedenen Leuchtkraft der roten und weißen Sterne zusammenhängen könnte. Außerdem könnten die Massen der einzelnen Sterne in

⁵⁾ Die Anfang Oktober ausgegebene „Jubiläumsnummer“ der „Astronomischen Nachrichten“ enthält bereits die Vorträge der Herren J. G. Hagen, E. H. v. Zeipel und E. Strömberg in ihrem Hauptinhalt nach, lag aber leider bei Abfassung des obigen Berichtes noch nicht vor. Es sei besonders auf die dort veröffentlichten interessanten Figuren verwiesen.

einem Sternhaufen wesentlich andere sein als im allgemeinen Milchstraßensystem.

Einstein knüpft an eine Bemerkung von v. Zeipel an, daß die großen Geschwindigkeiten, welche Sterne von kleiner Masse bei zufälliger Annäherung an Sterne großer Masse erhalten können, ein Herausfliegen der kleinen Sterne aus dem Sternhaufen begünstigen, so daß die Annahme einer Maxwell'schen Verteilung nicht überall erfüllt zu sein braucht. Er schlägt deshalb vor, die Untersuchung für die inneren und für die äußeren Teile eines Sternhaufens gesondert durchzuführen. Hierzu bemerkt v. Zeipel, daß in seinem Falle die Untersuchung der äußeren Teile des Sternhaufens zu schwierig gewesen wäre; Freundlich teilt mit, daß sich seine Untersuchungen an kugelförmigen Sternhaufen gerade auf die äußeren Teile derselben beziehen, da in den innersten Teilen wegen der großen Sternfülle eine Messung der Farbenindizes und daher eine Klassifikation der einzelnen Sterne nach der Farbe nicht möglich war. Die Verteilung der äußeren Sterne ergab sich als eine Maxwell'sche.

v. Zeipel bemerkt noch, daß sich seine Untersuchungen von der Mitte des Sternhaufens bis dorthin erstrecken, wo die Verteilungsdichte der Sterne zehnmal geringer als in der Mitte ist, und daß er in diesem ganzen Gebiet das Maxwell'sche Verteilungsgesetz bestätigt fand.

Einstein sieht hiermit die Gültigkeit der Maxwell'schen Verteilung für die untersuchten Sternhaufen als gesichert an und knüpft daran einen Ausblick auf die Errechnung einer unteren Grenze für das Alter dieser Sternhaufen. Hiermit schließt die ertragreiche Diskussion des v. Zeipelschen Vortrages.

S. Oppenheim aus Wien berichtet über neue Ergebnisse seiner statistischen Untersuchungen über die Bewegung und die Verteilung der Fixsterne. Sein Grundgedanke ist bekanntlich folgende Analogie: Wenn man die momentanen von der Erde aus gesehenen Eigenbewegungen der kleinen Planeten an der Himmelskugel durch ein dreiaxiges Geschwindigkeitsellipsoid möglichst gut darzustellen sucht, dann ergibt die Rechnung, daß von den drei Achsen dieses Ellipsoids die eine nach dem momentanen „Apex der Erde“ (in ihrem jährlichen Umlauf um die Sonne) zeigt, die zweite nach der Sonne, also nach dem Mittelpunkt des Planetensystems, gerichtet ist, die dritte zur Ekliptik und daher auch zur Ebene der Planetenbewegungen senkrecht steht. Entsprechend sucht Oppenheim ein Geschwindigkeitsellipsoid, das die beobachteten Eigenbewegungen der Fixsterne möglichst gut darstellt. Das Besondere bei Oppenheim gegenüber bekannten Arbeiten Charliers und seiner Schüler ist, daß er die nördliche und die südliche galaktische Halbkugel gesondert behandelt. Dabei erhält er also zwei Geschwindigkeitsellipsoide, je eines für jede Halbkugel. Merkwürdigerweise ergibt sich dabei ein ausgesprochener Unterschied zwischen den

beiden Ellipsoiden: Zwar stimmen sie, wie zu erwarten, in den Achsenrichtungen überein, und die längste Achse zeigt beidemale nach dem Apex der Sonne. Dagegen steht die kleinste Achse des einen Ellipsoids auf der kleinsten Achse des anderen senkrecht.

Einen entsprechenden charakteristischen Unterschied zwischen beiden galaktischen Hemisphären findet Oppenheim auch in der Verteilung der Sterne. Er entwickelt für eine Reihe galaktischer Zonen die aus direkten Abzählungen der Sterne am Himmel erhaltenen Häufigkeitszahlen N der Sterne als Funktionen der galaktischen Länge l in eine trigonometrische Reihe:

$$N = N_0 + \sum a_i \cdot \cos i \cdot (l - L_i)$$

bis zu Gliedern fünfter Ordnung. Dabei ergibt sich zwar in den Gliedern von ungerader Ordnung für beide Hemisphären übereinstimmend:

$$L_1 = L_3 = L_5 = 300^\circ,$$

dagegen ein entgegengesetztes Verhalten beider Hemisphären in den Gliedern gerader Ordnung, nämlich:

$$L_2 = 70^\circ \text{ für die eine.}$$

$$L_2 = 250^\circ = 70^\circ + 180^\circ \text{ für die andere galaktische Hemisphäre;}$$

a_4 ergibt sich für beide Hemisphären gleich Null, so daß das Glied vierter Ordnung überhaupt wegfällt. Diese Ergebnisse lassen sich eigentlich noch nicht deuten, doch vermutet Oppenheim, daß sie mit einer Gabelung des Milchstraßensystems in zwei Spiralarme zusammenhängen könnten.

III. Theoretisches.

a) *Oberflächengestalt der Erde*: A. Prey aus Prag bespricht eine Entwicklung der Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erde nach Kugelfunktionen bis zur sechzehnten Ordnung, die diese Verhältnisse mit großer Genauigkeit darstellt und bei entsprechenden Problemen als Rechnungsunterlage wertvoll sein kann.

b) *Himmelsmechanik*: E. Strömberg aus Kopenhagen⁵⁾ spricht an Hand von Lichtbildern über die periodischen Lösungen, die er in einem Beispiel des allgemeinen Dreikörperproblems der Himmelsmechanik gefunden hat, bei dem die Massen der drei Körper und ihre gegenseitigen Abstände als von gleicher Größenordnung vorausgesetzt werden. Der besondere Wert seiner Ergebnisse liegt darin, daß sie über die verschiedenen Klassen möglicher periodischer Lösungen eine erschöpfende Übersicht gewähren. Als Grenzfälle periodischer Bahnen treten, ähnlich wie in Poincaré's problème restreint³⁾, „Ejektionsbahnen“ auf.

K. Bohlin aus Stockholm veranschaulicht in Lichtbildern die in einem Beispiel des allgemeinen Dreikörperproblems von ihm durch jahrelange wirkliche Durchrechnung ermittelten verwickelten Bewegungsvorgänge.

c) *Relativitätstheorie*: E. Wiechert aus Göttingen berichtet, daß man auf elektrodynamischer Grundlage zu Ansätzen für die Lichtablenkung

im Schwerfeld der Sonne, für die Perihelbewegung des Merkur und für die Rotverschiebung der Fraunhoferschen Linien im Spektrum der Sonne und der Fixsterne gelangen kann; die mit den entsprechenden Voraussagen der Einsteinschen Relativitätstheorie übereinstimmen bis auf je einen Proportionalitätsfaktor, über dessen tatsächlichen Zahlenwert die bisherigen Beobachtungen innerhalb ihrer Fehlergrenzen keine Entscheidung zugunsten der einen oder der anderen Theorie gestatten könnten. Wiechert schließt mit einem Ausblick auf die Rolle, die nach seiner Auffassung der Weltäther in der Kosmogonie spielen könnte.

Der vorstehende Bericht konnte nur die in den Sitzungen gehaltenen Vorträge berücksichtigen. Diese machten jedoch nur einen Teil des wissenschaftlichen Ertrags der Tagung aus: darüber hinaus haben persönliche Anknüpfungen vielfach zu tiefgehenden wissenschaftlichen Erörterungen in kleinerem Kreise geführt. Gelegenheit dazu boten die zahlreichen zwanglosen Zusammenkünfte sowie die täglich wechselnden geselligen Veranstaltungen. Von diesen seien besonders erwähnt die Besichtigung der Darmstädterschen Sammlung autographischen Materials zur Geschichte der exakten Wissenschaften in der Staatsbibliothek in Berlin, bei der der Herr Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung die Gelegenheit wahrnahm, den anwesenden Astronomen das teilnehmende Interesse der Staatsregierung an ihren Arbeiten auszusprechen; ferner das stimmungsvolle Fest, das zweihundert Teilnehmer in der Kuppel des großen Potsdamer Refraktors vereinigte, und die vom besten Wetter begünstigte Dampferfahrt auf der Havel.

Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft.

Von Hans Nachtsheim, Berlin.

Selten hat eine Wissenschaft in so kurzer Zeit so rasch sich entfaltet, wie die Vererbungswissenschaft in den zwei Jahrzehnten ihres Bestehens. Die Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln im Jahre 1900 kann als die Geburtsstunde der modernen Erblchkeitslehre, der Genetik, gelten. Zwar ist die Frage nach dem Wesen der Erblchkeit nicht neu, frühere Zeiten, und speziell die zweite Hälfte des vergangenen Jahrhunderts, sind reich an spekulativen Betrachtungen über die Ursachen der Ähnlichkeit von Nachkommen und Vorfahren. Es war insbesondere die seit Darwin in der Biologie zum Durchbruch kommende Abstammungslehre, die die Aufmerksamkeit auf dieses Problem hinlenkte. Darwin selbst, dann Nägeli, Spencer und vor allem Weismann brachten die Diskussion über das Vererbungsproblem in Fluß. Aber es waren doch lediglich theoretische Betrachtungen, zum Teil höchst spekulativer Na-

tur, und wenn man auch seit der Entdeckung des Befruchtungsvorganges daran ging, das materielle Substrat der Vererbungserscheinungen zu erforschen, und so langsam eine Grundlage für die theoretischen Erörterungen schuf, so geschah das doch zunächst ganz im Rahmen der Zytologie, der Zellforschung. Zu einem selbständigen Wissenschaftszweige wurde die Vererbungswissenschaft erst, als mit dem Jahre 1900 die experimentelle Bastardforschung einsetzte, und als nicht viel später die experimentell-biologische Forschungsrichtung sich mit der morphologischen, der Vererbungszytologie, zu gemeinsamer Arbeit vereinigte. Seither sind weitere Forschungsrichtungen hinzugekommen, die Vererbungslehre ist zu einem umfangreichen Wissensgebiet, sie ist heute zum Zentralproblem der Biologie geworden. Diese Tatsache ließ einen engeren Zusammenschluß der theoretisch und praktisch auf dem Gebiete Arbeitenden wünschenswert erscheinen. Da die Zeit zu einem internationalen Zusammengehen der Genetiker offenbar noch nicht gekommen ist, wurde der Plan gefaßt, eine *Deutsche Gesellschaft für Vererbungswissenschaft* zu gründen, und dieser Plan ist vor kurzem in Berlin, wo die junge Gesellschaft vom 3.—5. August ihre erste Jahresversammlung abhielt, verwirklicht worden. In der Regel bedeutet heute die Gründung einer neuen wissenschaftlichen Vereinigung eine weitere Spezialisierung der Wissenschaft. So notwendig bei der ständig zunehmenden Ausdehnung der Wissenschaft diese Spezialisierung ist, so schließt sie doch zweifellos die Gefahr in sich, daß die großen Zusammenhänge mit den Nachbargebieten verloren gehen. Die große Bedeutung der Gesellschaft für Vererbungswissenschaft liegt darin, daß sie im Gegensatz dazu Disziplinen zusammenführt, die, obwohl Schwesterwissenschaften, vielfach diesen Zusammenhang bereits verloren hatten. Nicht nur Botaniker und Zoologen treffen sich hier wieder zu gemeinsamer Arbeit, es wird vor allem auch eine Verbindung hergestellt zwischen den theoretisch arbeitenden Biologen und den Praktikern, den Pflanzen- und Tierzüchtern. Vielfach sehr zum Schaden unserer Landwirtschaft — und fast will es heute so scheinen, auch zum Schaden der Theoretiker — hat eine solche Verbindung lange Zeit gefehlt. Und schließlich kommt noch ein großes Gebiet hinzu, wo die Erblchkeitslehre nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch Wertvolles zu leisten hat, die menschliche Erblchkeitslehre. Es sind unter den Medizinern auch wieder die verschiedensten Spezialisten, die sich beim Studium der Vererbung beim Menschen treffen, Anthropologen und Hygieniker, Psychiater und Pathologen. Wie stark das Interesse für die Vererbungswissenschaft ist, zeigte die Zahl der Teilnehmer an der Gründungsversammlung (etwa 200), unter ihnen auch eine Reihe von Vertretern des Auslandes.

Eröffnet wurde der Kongreß durch eine Ansprache von Baur (Berlin), in der er kurz Zweck und Ziele der Gesellschaft darlegte. Es folgte

die Annahme der Satzungen und die Wahl des Vorstandes. Zum Vorsitzenden dieses Jahres wurde *Correns* (Dahlem) gewählt, der als einer der Wiederentdecker der Mendelschen Regeln besonders berufen erscheint, die junge Gesellschaft und ihren ersten Kongreß zu leiten. Vorsitzender des nächsten Jahres ist *R. v. Wettstein* in Wien, wo die nächste Tagung der Gesellschaft in der zweiten Septemberhälfte stattfinden soll¹⁾.

Das Programm der Tagung war sehr reichhaltig. Der erste Tag, an dem die Sitzungen in der Landwirtschaftlichen Hochschule stattfanden, war hauptsächlich der Botanik gewidmet. Der zweite Tag, der die Teilnehmer ins Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie nach Dahlem führte, brachte zoologische Vorträge und Demonstrationen, am dritten Tage endlich waren die Sitzungen im Anatomisch-biologischen Institut und galten der Vererbung beim Menschen. Die Gesellschaft hatte die Sitzungen des letzten Tages gemeinsam mit der Gesellschaft für Rassenhygiene und der Gesellschaft für Bevölkerungspolitik angekündigt. Über alle Vorträge und Demonstrationen ausführlich zu berichten, verbietet der zur Verfügung stehende Raum. Ein eingehenderer Bericht wird in der „Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre“ erscheinen. Hier seien nur die Vorträge genauer besprochen, denen weitergehendes Interesse zukommt.

Zunächst berichtete *A. Ernst* (Zürich) über *Artkreuzungen in der Gattung Primula*. Für *Primula* gilt die „Regel“ von der Sterilität der Artbastarde nicht. Es kommen zahlreiche spontane Bastarde vor, und wahrscheinlich sind auch unsere Kulturformen der Primel z. T. hybriden Ursprungs. Eine besondere Komplikation des Fertilitätsproblems bringt die Heterostylie mit sich. Soll normaler Fruchtsatz erfolgen, so ist auch bei Vermehrung innerhalb einer Spezies legitime Bestäubung erforderlich, bei illegitimer Fremdbestäubung und bei Selbstbestäubung ist der Fruchtsatz nur schwach oder unterbleibt ganz. Bei Kreuzung verschiedengriffeliger Individuen zweier Spezies steht der Fruchtsatz nicht hinter dem normalen zurück, ja die Früchte werden sogar in größerer Zahl gebildet und sind kräftiger. Ein weiteres Charakteristikum der Bastarde ist ihre erhöhte Selbstfertilität, ein Merkmal, das auch vielen unserer Kulturformen, so *Primula hortensis*, eigen ist und auf ihren hybriden Charakter hinweist. Die F_1 -Generation ist intermediär, sie stellt eine Vereinigung der gesamten dominanten Merkmale der Eltern dar, jedoch ist die Dominanz mancher Eigenschaften unvollständig, so daß F_1 recht mannigfaltig aussieht. Die Nachkommenschaft aus reziproken Kreuzungen ist verschieden. Besonders hinsichtlich der Blütenfarbe sind die Bastarde vielfach

matrokin. In F_2 erfolgt, soweit bisher festgestellt, eine typische Aufspaltung in F_1 -ähnliche Formen und solche mit den großelterlichen Merkmalen in allen möglichen Kombinationen.

Primula hortensis ist wahrscheinlich aus einer Kreuzung von *P. auricula* mit *P. hirsuta* hervorgegangen. Die Samenbildung beruht auf wirklicher Befruchtung, nicht, wie ursprünglich vermutet wurde, auf Apogamie. *P. auricula* und *hirsuta* haben je 18 Chromosomen, *P. hortensis* 27, ist also gegenüber ihren Ausgangsformen triploid. Es scheinen aber auch Chromosomenzahlen zwischen 18 und 27 übersteigend vorzukommen (vgl. hierzu den nachfolgenden Vortrag von *Winkler*). Vermutlich bildet der Bastard einzelne diploide Gameten. Aufgabe der weiteren Forschung wird es sein, die Schwankungen der Chromosomenzahl in der Gattung *Primula* genau festzustellen.

O. Renner (Jena) ging den *Ursachen der Scheckung bei einigen Önotherenbastarden* nach. Kreuzt man *Oenothera Hookeri* ♀ × *Oen. Lamarckiana* ♂, so erhält man in F_1 die beiden Zwillingsbastarde *velutina* und *laeta*, beide normal grün. Bei der reziproken Kreuzung entstehen wieder die beiden Zwillingsbastarde, aber dieses Mal ist nur *laeta* grün, *velutina* ist schwächlich, hat gelbliche, vielfach asymmetrisch gescheckte Blätter. Ähnliche Schecken treten auch bei anderen Kombinationen regelmäßig in großer Zahl auf. Stellt man diese Fälle zusammen, so kommt man zu dem Resultat, daß die Ursache der Scheckung im Plasma liegt. Bei gewissen Kernkombinationen fehlt den Chromatophoren des *Lamarckiana*-Plasmas die Fähigkeit zu ergrünen. Bringt der Pollenkern *Hookeri*-Plasma mit, so wird das *Lamarckiana*-Plasma mehr oder weniger „gesund gemacht“, es entstehen die gescheckten Individuen, bei denen der Grad der Grünfärbung abhängig ist von der Quantität des mitgebrachten Pollenplasmas, das außerordentlich reich an Plastiden (Chromatophoren) ist.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei der Kombination anderer Kernkomplexe der *Oenothera* gemacht. Das Plasma aller bisher genauer geprüften Önotheren ist artspezifisch. Das gilt zum mindesten für die Plastiden, die als genotypisch selbständige Elemente betrachtet werden. Vom Kern aus ist lediglich eine Modifikation, eine phänotypische Änderung dieser Plastiden möglich, die im übrigen selbständig mutativ verändert werden können. Ob auch das ungeformte Plasma artspezifisch ist, bedarf noch der Untersuchung, doch hält es *Renner* für wahrscheinlich.

Über *Epilobienbastarde* sprach *E. Lehmann* (Tübingen). *Epilobium*, das Weidenröschen, steht der Gattung *Oenothera* nahe, und so schienen Vererbungsstudien an dieser Form auch für die Förderung des *Oenothera*-Problems dienlich. Die wichtigsten Resultate, die *Lehmann* im Verlaufe seiner Untersuchungen erzielte, sind die Verschiedenheit der reziproken Artbastarde und

¹⁾ Anfragen betreffend Aufnahmebedingungen usw. sind an den Schriftführer der Gesellschaft, Privatdozent Dr. H. Nachtsheim, Berlin N 4, Invalidenstr. 42, Institut für Vererbungsforschung, zu richten.

die starke Aufspaltung in F_2 , soweit die F_1 -Bastarde fertil sind. Die Bastarde sind meist stark matroclin. So traten, wenn *E. parviflorum* als Mutter verwendet wurde, immer gewisse Merkmale auf, ganz gleichgültig, welche Spezies als Vater diente. Das legt die Vermutung nahe, daß es sich hier ähnlich wie in dem von Renner mitgeteilten Falle um Plasmawirkung handelt. Die Wirkung des Plasmas würde aber hier noch viel weiter gehen. Während es sich bei *Oenothera* nur um eine unvollständige Chlorophyllbildung handelt, gebunden an Plastiden, würden bei *Epilobium* ganz verschiedene Merkmale, die sicher nicht an Plastiden gebunden sind, auf Plasmawirkung zurückzuführen sein. Wir müßten im Plasma lokalisierte Erbfaktoren annehmen und hätten damit den ersten Beweis für echte Vererbung durch das Zytoplasma. Aber der Beweis ist noch nicht vollständig, es sind noch verschiedene andere Erklärungen möglich, und Lehmann selbst gibt seine Deutung vorerst mit Zurückhaltung.

In der Diskussion, die sich an diese drei Vorträge anschloß, machte F. Lenz (München) Mitteilungen über von ihm erzielte tierische Artbastarde. Eine typische Aufspaltung in F_2 ergibt die Kreuzung von Wolfsmilchschwärmer und Fledermausschwärmer. In den meisten Fällen sind bei den Schmetterlingskreuzungen die reziproken Bastarde nach den Beobachtungen von Lenz entgegen manchen Literaturangaben gleich. Bei den wahrscheinlich reziprok verschiedenen F_1 -Männchen aus Weinschwärmer und Wolfsmilchschwärmer könnte dies auf Auslesewirkung zurückzuführen sein, da die Nahrung der beiden Ausgangsarten eine ganz verschiedene ist.

Der nächste Vortrag, der auf ein ganz anderes Gebiet führte, fand besonders reges Interesse. V. Haecker (Halle) teilte die Ergebnisse von Untersuchungen mit über Vererbung und Entwicklung der musikalischen Veranlagung, die er gemeinsam mit Th. Ziehen ausgeführt hat. Es handelt sich um statistische und genealogische Feststellungen, die auf Grund von Fragebogen gewonnen wurden und sich auf weit über 3000 Personen erstrecken. Nach Haecker setzt sich die musikalische Veranlagung aus einer Reihe von Komponenten zusammen. Er unterscheidet: eine sensorielle und eine motorische Komponente, eine retentive Komponente, von der das absolute Tongedächtnis einen besonderen Fall darstellt, eine synthetisch-rezeptive und eine analytische Komponente, eine produktiv-synthetische, eine ideative und affektive Komponente, zu denen noch die rhythmische Begabung tritt, welche selbst wieder sehr komplexer Natur ist. Es werden 5 Stufen der Begabung unterschieden: hervorragend musikalisch ($++$), ausgesprochen musikalisch ($+$), eine Mittelstufe (μ) nichtmusikalisch ($-$) und absolut unmusikalisch ($=$). Die Ehen werden eingeteilt in positiv- und negativkonkordante bzw. -diskordante, letztere wieder in patro- und

matropositive. In diskordanten Ehen ist der Prozentsatz der $++$ - und der $+$ -Nachkommen erheblich größer (58 %) als der der $-$ und der $=$ -Nachkommen (27 %). Das deutet auf eine Dominanz der positiven Veranlagung hin. Ferner ist in matropositiven Ehen die Zahl der $++$ - und $=$ -Nachkommen größer als in patropositiven, was für eine stärkere Wirksamkeit der Mutter spricht. $++$ -Veranlagung wird von der Mutter vornehmlich auf die männlichen Nachkommen vererbt, was vielleicht als Zeichen einer geschlechtsgebundenen Vererbung angesehen werden darf.

Was die Dominanz der positiven Veranlagung anbetrifft, so scheinen Rassenunterschiede vorzukommen. Nach Hurst verhält sie sich in England rezessiv. $=$ -Begabung für Musik ist häufig verbunden mit einer $++$ -Begabung für Mathematik, andererseits aber geht eine positive musikalische Veranlagung nicht selten mit einer solchen für Sprachen Hand in Hand. Auch hervorragende musikalische Begabung und eine ererbte depressive psychopathische Konstitution sind öfters gepaart.

Hinsichtlich der Entwicklung der musikalischen Veranlagung ist zu sagen, daß, je stärker die positive Belastung ist, desto früher sie auch in Erscheinung tritt. Im allgemeinen ist das 5.—6. Lebensjahr das entscheidende, doch gibt es auch verspätete Fälle, bisweilen verzögert sich das Hervortreten der Begabung bis nach der Pubertät. Eine gewisse Wirkung hat dabei natürlich auch das Milieu (z. B. Erziehung durch positiv veranlagte Mütter).

Von den im Anschluß an die Vorträge erfolgten Demonstrationen sei vor allem die von E. Baur (Berlin) hervorgehoben, der zahlreiche Mutanten von *Antirrhinum* vorführte, das neben *Drosophila* am genauesten erbanalytisch durchgearbeitete Objekt. Wie bei der Fruchtfliege sind auch beim Löwenmaul Mutationen gar nichts seltenes, man muß das Objekt nur soweit kennen, daß man sie findet, d. h. von Modifikationen zu unterscheiden lernt. Das Verhalten der Mutanten ist ebenfalls bei *Antirrhinum* ein ganz ähnliches wie bei *Drosophila*. Viele Mutanten bedeuten eine abwegige Entwicklung. Im Gegensatz zu einer heute von verschiedenen Seiten vertretenen Anschauung steht aber Baur auf dem Standpunkt, daß durchaus nicht alle Mutationen solche Abwege sind, daß die Mutation für die Artbildung sehr wohl von Bedeutung ist, und daß die vielen „kleinen Mutanten“, von uns weniger beachtet als die ausgesprochenen Abnormitäten, ein wichtiges Auslesematerial für die natürliche Zuchtwahl darstellen. Und da die Mutationen so relativ häufig sind, müssen wir die Anschauung von der Konstanz der reinen Linie aufgeben, eine Anschauung, die sich die praktischen Züchter nie zu eigen gemacht hatten.

Für die Entstehung von genotypischer Verschiedenheit innerhalb einer reinen Linie erbrachte in der Nachmittagssitzung H. Winkler

(Hamburg) sehr wertvolle Beweise, dessen Vortrag, wie man wohl sagen darf, den Höhepunkt des Kongresses darstellte. Winkler stellte durch schon früher von ihm mitgeteilte Methoden Individuen von *Solanum nigrum*, dem Nachtschatten, mit abweichenden Chromosomenzahlen her. Die tetraploiden Formen (144 Chromosomen) zeigen ein ähnliches Verhalten wie die ebenfalls tetraploide *Oenothera gigas*. Sie sind größer als die normale Form, ihr Chlorophyll ist dunkler. Auch bei geschlechtlicher Fortpflanzung sind die tetraploiden Formen konstant. Hin und wieder aber treten bei vegetativer Vermehrung, also in einer reinen Linie, ganz spontane Abweichungen auf, die von größter Mannigfaltigkeit sein können, und die nun weiter bei vegetativer Vermehrung erhalten bleiben. Diese Abweichungen können sich auf alle Organe der Pflanze beziehen und die verschiedensten Eigenschaften betreffen. Die Blattform kann in der verschiedensten Weise verändert werden, der Bau der Blüten, der ganze Habitus kann ein anderer werden usw. Da alle bisher beobachteten Abweichungen steril sind, konnte auf experimentellem Wege der Beweis, daß es sich um Veränderungen des Genotypus handelt, noch nicht geführt werden. Die bisherigen zytologischen Beobachtungen machen indessen diese Annahme schon sehr wahrscheinlich. Es scheinen die Abweichungen in Abänderungen innerhalb des tetraploiden Chromosomensatzes ihre Ursache zu haben. Für eine schmalblättrige, hellgrüne Form konnte Rückschlag in den diploiden Zustand nachgewiesen werden, der durch eine vegetative Reduktion eingetreten sein muß. Bei den meisten Formen handelt es sich aber augenscheinlich um solche, bei denen nur einzelne Elemente des tetraploiden Satzes eliminiert bzw. andere verdoppelt worden sind.

Durch Kreuzung diploider mit tetraploiden Individuen gewonnene triploide Formen (mit 108 Chromosomen) wurden von Rose Stoppel in 6 aufeinanderfolgenden Generationen zytologisch und morphologisch genau untersucht. F_1 hatte intermediäres Aussehen. In F_2 , gewonnen durch Selbstbestäubung, zeigte sich eine bunte Mannigfaltigkeit. Von F_2 wurden durch Selbstbestäubung reine Linien gezüchtet, die im Laufe der Generationen mehr und mehr konstant wurden, unter sich aber sehr verschieden waren. Die zytologische Untersuchung ergab, daß alle diese Linien nach und nach wieder zur diploiden Chromosomenzahl zurückkehrten. Die Chromosomenzahl der triploiden Formen ist in der Gamophase 54. In F_2 wurden die Chromosomenzahlen 45, 41, 40, 38, 37, 36 bei einem Individuum, 54, 45 bei einem anderen usw. gefunden. Die reine Linie, zu der das erstgenannte Individuum gehörte, besaß in der 6. Generation durchweg 36 Chromosomen — die ursprüngliche haploide Zahl, welche dann auch beibehalten wurde, und damit blieb auch die äußere Form konstant. Was aber bei dieser Rückkehr zum diploiden Zustand das

Bemerkenswerteste ist, das ist die trotz dieser Rückkehr starke Veränderung der neuen Typen gegenüber der diploiden Ausgangsform. Offenbar hat die vorübergehende Überführung in den triploiden Zustand und die nachfolgende Elimination eines Teiles der Chromosomen doch Änderungen in der definitiven Zusammensetzung des Chromosomenbestandes zur Folge, also eine Veränderung des Genotypus, die für die besonderen Merkmale der neuen Typen verantwortlich ist.

Durch diese höchst bedeutungsvollen Untersuchungen von Winkler und Stoppel wird ein ganz neuer Weg gewiesen, der zur Erhöhung der Typenmannigfaltigkeit führen kann. Aber abgesehen von der Bedeutung, die den Untersuchungen damit für das Problem der Artbildung zukommt, dürfte die Fortsetzung der Untersuchungen auch noch sehr wertvolle Einblicke in die Funktion der einzelnen chromatischen Elemente bei Formen mit hoher Chromosomenzahl und den Wert einer solchen Zahl für den Organismus in Aussicht stellen, wir dürfen eine weitere Klärung des Mechanismus der Vererbung von ihnen erwarten.

Weitere Vorträge, die hier nur genannt seien, hielten: Rhoda Erdmann (Berlin) über *Reine Linien und Artbildung bei Protisten*, F. Laibach (Frankfurt a. M.) über *Heterostylie bei Linum* und E. Toennissen (Erlangen) über *Entstehung erblicher Eigenschaften durch zytoplasmatische Induktion*.

Am Vormittag des zweiten Tages stand die *Crossing-over-Theorie* im Mittelpunkt der Verhandlungen. Der Referent, H. Nachtsheim (Berlin), gab zunächst einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der *Drosophila*-Forschung und der auf Grund dieser Untersuchungen von Morgan aufgestellten Faktorenaustauschtheorie und trat dann in eine kritische Betrachtung der Chromosomentheorie in der von Morgan vertretenen Form vom Standpunkte des Zytologen aus ein. Die seit nunmehr zwölf Jahren im Gange befindlichen, von Morgan und einer großen Reihe von Mitarbeitern an bisher weit mehr als 10 Millionen Individuen durchgeführten erbanalytischen Untersuchungen an *Drosophila*, der Tau- oder Fruchtfliege, stellen unstreitig die wertvollsten Arbeiten der neueren Erbforschung dar. Die wichtigsten Resultate lassen sich in kurzen Sätzen folgendermaßen wiedergeben. *Drosophila melanogaster*, ein für Vererbungsstudien in vieler Hinsicht außerordentlich günstiges Objekt, besitzt vier Chromosomenpaare, drei Autosomen- und ein Geschlechtschromosomenpaar. Die Erbfaktoren für alle bisher geprüften erblichen Eigenschaften (über 300) sind in den Chromosomen lokalisiert. Erbfaktoren, die in verschiedenen Chromosomenpaaren lokalisiert sind, zeigen freie Kombination, alle in einem Chromosom vereinten Faktoren sind gekoppelt. Die Zahl der Koppelungsgruppen entspricht der Zahl der Chromosomenpaare, d. h. sie ist gleich vier. Auch

die Größe der Koppelungsgruppen entspricht der Größe der Chromosomen. Wir haben drei große Chromosomen und drei große Koppelungsgruppen; für jede von diesen sind bisher etwa 100 Faktoren bekannt. Eines der großen Chromosomenpaare stellt die Geschlechtschromosomen dar; das Weibchen besitzt zwei X-Chromosomen, das Männchen ein X- und ein Y-Chromosom. Die in dem X-Chromosom lokalisierte Faktorengruppe (das Y-Chromosomen hat sich als „leer“ erwiesen) muß geschlechtsgebundene Vererbung zeigen, was auch der Fall ist. Das vierte Chromosomenpaar ist sehr klein, ebenso die vierte Koppelungsgruppe; es sind erst zwei Faktoren für sie bekannt. Beim Männchen ist die Koppelung der Faktoren einer Gruppe total, beim Weibchen aber ist die Koppelung mehr oder weniger locker, es findet ein Austausch zwischen homologen Chromosomen statt. Der Austauschprozentsatz ist für zwei Faktoren einer Koppelungsgruppe ziemlich konstant, für verschiedene Faktorenpaare der gleichen Gruppe aber ist er verschieden. Nach *Morgan* wird uns der Mechanismus des Faktorenaustausches verständlich, wenn wir annehmen, daß die Faktoren in den Chromosomen linear angeordnet sind, wie die Perlen einer Perlenkette, und daß der Austausch in einem Stadium vor sich geht, wo die homologen Chromosomen zopfartig umeinander gewickelt sind. Wenn an den Überkreuzungsstellen die Chromosomen verschmelzen, können bei dem nachherigen Auseinanderbrechen einzelne Stücke der „Perlenkette“ ausgetauscht werden, es kann ein „Crossing-over“ erfolgen, und wenn die Stelle des Auseinanderbrechens wechselt, so werden bald diese, bald jene „Perlen“ voneinander getrennt. Das bedeutet, je näher zwei Faktoren im Chromosom beieinander liegen, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß sie getrennt werden, und so betrachtet *Morgan* den Austauschprozentsatz zweier Faktoren einer Koppelungsgruppe als einen Ausdruck des Abstandes der beiden Faktoren voneinander. Ist der Abstand zweier Faktoren von einem dritten Faktor bekannt, so läßt sich der Abstand der beiden ersten Faktoren ohne weiteres berechnen, denn bei linearer Anordnung der Faktoren muß der Abstand zweier Faktoren voneinander entweder gleich der Summe oder gleich der Differenz der Abstände dieser beiden Faktoren von einem dritten Faktor sein. So berechnet *Morgan* vermittels des Austauschprozentsatzes die Lage jedes einzelnen Erbfaktors im Chromosom, er stellt „topographische Karten“ der Chromosomen von *Drosophila* her, in denen alle Faktoren ihrer Lage entsprechend eingetragen sind. So einfach freilich, wie *Morgan* ursprünglich annahm, scheint der Austausch doch nicht vor sich zu gehen. Eine Reihe äußerer wie innerer Faktoren (Milieu und Erbfaktoren) beeinflussen den Austauschprozeß, und es braucht jedenfalls nicht, wie *Morgan* annahm, der Austauschprozentsatz notwendig proportional dem

Abstande der Faktoren zu sein. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um ein klares Bild über die bei dem Austausch mitwirkenden Faktoren zu bekommen.

Wie ist nun aber die zytologische Grundlage dieser, falls sie sich auch für andere Objekte als brauchbar erweisen sollte, höchst bedeutungsvollen Theorie? Daß die Chromosomen die Träger der Erbanlagen für die mendelnden Merkmale sind, kann heute einem Zweifel nicht mehr unterliegen. Auch für das Erhaltenbleiben der Individualität der Chromosomen im Verlaufe der aufeinanderfolgenden Zellgenerationen hat die Zytologie genügende Beweise erbracht. Wenn die Individualität erhalten bleibt, ist das Übereinstimmen von haploider Chromosomenzahl und Koppelungsgruppenzahl ein notwendiges Postulat. Wenigstens gilt dies für Formen mit geringer Chromosomenzahl. Der Anfang zu einem Beweis dafür ist wieder durch das *Drosophilastudium* gemacht worden; andere *Drosophilaspezies* haben eine höhere Chromosomenzahl als *Drosophila melanogaster*, und bei diesen ist auch in der Tat die Zahl der Koppelungsgruppen größer. Bei Formen mit zahlreichen Chromosomen ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß das gleiche Chromosomenpaar mehrfach vertreten ist, daß mit anderen Worten eine einmalige oder sogar mehrmalige Verdoppelung der Chromosomen durch Längsspaltung eingetreten ist. In einem solchen Falle könnte die Zahl der Koppelungsgruppen geringer als die haploide Chromosomenzahl sein. Allerdings ist auch wieder zu bedenken, daß durch Mutation die ursprünglich gleichen Chromosomenpaare wahrscheinlich bald verschiedenwertig würden. Der feinere Aufbau der Chromosomen bedarf noch des genaueren Studiums. Auch hier sind in den letzten Jahren wertvolle Fortschritte erzielt worden. Es konnte gezeigt werden, daß gleiche Chromosomen auch aus gleichen und gleich vielen Chromomeren bestehen. Ob freilich diese Chromomeren den kleinsten austauschbaren Teilstücken, den einzelnen „Perlen“ der Kette, gleichzusetzen sind, erscheint sehr zweifelhaft.

Unser besonderes Interesse konzentriert sich natürlich auf die Frage: Inwieweit liefern die zytologischen Befunde eine Bestätigung der *Morganschen* Crossing-over-Theorie im speziellen? Experimentelle Untersuchungen machen es wahrscheinlich, daß der Austausch zwischen den homologen Chromosomen kurz vor der Reifung vor sich geht, in der Periode also, die durch die synaptischen Phänomene charakterisiert ist. Zweifellos muß diese Periode auch vom Standpunkte des Zytologen als die einem Austausch günstigste bezeichnet werden. Geht doch in dieser Periode, zytologisch nachweisbar, die innigere Verbindung der homologen Chromosomen vor sich, die Konjugation der Chromosomen. Daß es sich bei den hier ablaufenden Prozessen um Vorgänge von fundamentaler Bedeutung handelt, dafür spricht schon ihr gleichmäßiges Vorkommen bei allen Or-

ganismen, bei Protophyten und Protozoen, bei Metaphyten und Metazoen, von den einfachsten bis hinauf zum Menschen. Bei den wenigen Organismen, wo die synaptischen Phänomene völlig fehlen, wie z. B. bei den haploiden Hymenopterenmännchen, erklärt sich das aus den besonderen Verhältnissen der betreffenden Lebewesen. Aber die Frage der Chromosomenkonjugation ist eines der schwierigsten Kapitel der Zytologie, und trotz zahlreicher sorgfältiger Untersuchungen sind die Einzelheiten noch sehr umstritten. Das gilt vor allem von der Frage: parallele oder endweise Konjugation? Für die Crossing-over-Theorie ist die Parallelkonjugation eine *conditio sine qua non*. Wenn nun auch zur endgültigen Entscheidung der Frage noch weitere sehr genaue Untersuchungen gefordert werden müssen, so spricht doch jedenfalls heute schon sehr vieles zugunsten der Parallelkonjugation. Für die Dipteren vor allem ist dieser Konjugationsmodus schon durch die parallele Anordnung der homologen Chromosomen auch in den somatischen Zellen sehr wahrscheinlich. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die zytologischen Befunde zwar keinen Beweis für die Crossing-over-Theorie bringen, daß aber doch manches für diese Theorie und nichts bisher gegen sie spricht.

Vielleicht gibt es neben dem von *Morgan* angenommenen Weg eines Faktorenaustausches noch einen zweiten. Schon *Goldschmidt* hat auf die Möglichkeit eines Austausches ohne Chiasmotypie, d. h. ohne die Umwicklung der Chromosomen, hingewiesen, und *J. Seiler* (Schliederlohe) teilte in einem dem Referat folgenden Vortrage *zytologische Beobachtungen an Lymantria monacha*, der Nonne, mit, die ihm für das Vorkommen eines solchen Austausches zu sprechen scheinen. *Seiler* fand, daß in den Spermatozyten der Nonne ein großes Sammelchromosom vorkommt, das vier kleinen Chromosomen der Oozyten entspricht. Auch in den Oozyten zeigen die Teilstücke die Tendenz zusammenzuhalten, und *Seiler* vermutet, daß vom gleichen Elter herrührende Teilstücke bei der Teilung öfter in eine Tochterzelle kommen, als die Zufallsgesetze erwarten lassen. Die in den Teilstücken liegenden Faktoren würden dann nicht unabhängig kombiniert, sondern wären partiell gekoppelt, wobei der Koppelungsgrad vom Maße der Anziehungskraft der gleichelterlichen Teilstücke abhängig wäre. Beim Männchen wäre die Koppelung total, da in der Spermatogenese immer das große Sammelchromosom gebildet wird. Es wären also hier die Koppelungsverhältnisse ähnlich wie bei *Drosophila* — totale Koppelung im männlichen, partielle im weiblichen Geschlecht —, jedoch würde der Austausch ohne Chiasmotypie erfolgen.

Seiler vermutet, daß auch bei *Drosophila* der Austausch ähnlich vor sich geht wie bei *Lymantria*. Referent möchte es demgegenüber für wahrscheinlicher halten, daß es, wie gesagt, zwei Wege des Austausches gibt. Vieles spricht dafür, daß

auch der von *Seiler* gekennzeichnete Modus gar nicht selten ist. Referent weist auf das häufige Vorkommen von Sammelchromosomen bei den verschiedensten Tieren hin. Je mehr die Chromosomen der Geschlechtszellen mit denen der somatischen Zellen verglichen werden, desto mehr nimmt die Zahl der Fälle von Sammelchromosomen zu. Charakteristisch sind sie z. B. für alle Hymenopteren. So enthält das befruchtete Bieneinei 16 Chromosomen; diese zerfallen in 32 und diese wieder in 64. In der Ovogenese erfolgt wieder die Bildung der Sammelchromosomen, und dabei ist für alle Gruppen die Möglichkeit des Austausches gegeben.

Im Schlußteil des Referates wurde noch kurz die *Bedeutung des Plasmas für die Vererbung* betrachtet. Der vielfach geäußerten Behauptung, daß die Anhänger der Chromosomentheorie die übrigen Teile der Zelle als für die Vererbung gleichgültig ansehen, trat der Referent entgegen. Es ist für die Chromosomen durchaus nicht gleichgültig, in welchem Milieu sie ihre Wirksamkeit entfalten, bis ins kleinste ist die Zusammensetzung dieses Milieus von Bedeutung. Ob wir aber das Plasma als *Vererbungsträger* bezeichnen wollen, das hängt lediglich davon ab, wie wir den Begriff der Vererbung definieren. Bezeichnen wir mit *Johannsen* — und das scheint dem Referenten die exakteste Definition zu sein — *Erblichkeit als Anwesenheit gleicher Gene bei Nachkommen und Vorfahren*, so ist alles das, was bisher als „*Vererbung durch das Zytoplasma*“, als „*plasmogene Vererbung*“ usw. bezeichnet worden ist, *falsche Erblichkeit*. Wir kennen bisher keine im Plasma lokalisierten Erbfaktoren (vgl. hierzu den Vortrag von *Lehmann* weiter oben), echte Erblichkeit ist vorläufig für uns gleichbedeutend mit *Mendelscher Vererbung*. Die Beziehungen, die zwischen Chromosomen und Plasma bestehen, lassen sich am besten durch einen Vergleich wiedergeben. *Boveri* hat einmal die Chromosomen mit einem Architekten verglichen. Mag nun dieser auch noch so großartige Pläne entwerfen, er ist bei der Ausführung ganz an das Material gebunden, das ihm zur Verfügung steht. Hat er nur Holz, so kann er keine großen Paläste bauen, und wenn er gar lediglich auf Stroh angewiesen ist, so wird das Ergebnis wieder ein anderes sein müssen. So auch das Verhältnis der Chromosomen zum Plasma. Dieses ist das *Baumaterial* für die Chromosomen. Für das Entwicklungsprodukt ist die Zusammensetzung dieses Materials bis in alle Einzelheiten von Bedeutung, *Erbfaktorenträger* aber sind die Chromosomen.

An das Referat *Nachtsheims* und den Vortrag *Seilers* schloß sich eine lange Diskussion, in der hauptsächlich zwei Fragen zur Besprechung kamen: der Wert der *Drosophila*-Experimente und der Crossing-over-Theorie und die Bedeutung des Plasmas für die Vererbung. Gegenüber ungerechtfertigten Angriffen auf die Ergebnisse der *Morganschule* wurde deren grundlegende Wichtig-

keit für den Mendelismus anerkannt. Selbst wenn man der Crossing-over-Theorie nicht mehr als den Rang einer Arbeitshypothese zuerkennen will, so hat sie sich doch jedenfalls als solche außerordentlich fruchtbar erwiesen und wird es wohl auch in den kommenden Jahren noch tun. Der Anschauung des Referenten, daß das Plasma nur Baumaterial ist, wurde von verschiedenen Seiten, speziell von Botanikern, entgegengetreten. Referent betonte demgegenüber im Schlußwort, daß er die *Möglichkeit* der Existenz zytoplasmatischer Erbfaktoren von vornherein zugegeben habe, daß aber bisher ein *Beweis* dafür fehle. Jedenfalls müssen wir scharf unterscheiden zwischen Eigenschaften, die durch die Wirkung bestimmter *Erbfaktoren* im Laufe der Entwicklung zu gegebener Zeit sich *neu entfalten*, und den *dem Baumaterial inhärenten* Eigenschaften, die von Generation zu Generation so lange *übertragen* werden, wie dieses Material übertragen wird. (Schluß folgt.)

Über die Entstehung der Eiszeiten.

Von Fr. Nölke, Bremen.

Von den zahlreichen kosmischen Nebeln, die neben den Sternen im Weltraum anzutreffen sind, kann mit großer Wahrscheinlichkeit behauptet werden, daß sie innerhalb des Milchstraßensystems liegen. Aus der beträchtlichen scheinbaren Größe der Nebel folgt, daß sie ungeheure Gebiete im Weltraum ausfüllen. Es liegt daher die Möglichkeit vor, daß die Sterne auf ihrer Bahn durch den Weltraum in einen Nebel eindringen und ihn durchschreiten. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses ist offenbar viel größer als die des Zusammentreffens zweier Sterne. Aus diesem Grunde ist es auffällig, daß man sich wohl die Frage, welche Wirkungen der nahe Vorübergang oder der Zusammenstoß zweier Sterne haben werde, vorgelegt und zu beantworten versucht hat, daß aber die gleichberechtigte und nicht weniger wichtige Frage, zu welchen Folgeerscheinungen der Eintritt eines Sternes in einen Nebel führen werde, überhaupt noch nicht gestellt worden ist¹⁾. Der Verfasser hat den Versuch gemacht, diese Frage zu beantworten²⁾. Wenn auch wegen der außerordentlichen Feinheit der Nebelmassen nicht befürchtet zu werden braucht, daß das Durchschreiten eines Nebels den Bestand des Sternes gefährde, so könnte es doch Spuren hinterlassen. Auf unser Sonnensystem angewandt, würde die Hypothese, daß es einmal oder mehrere Male kosmische Nebel durchquert habe, zu einer einfachen Erklärung der Angliederung der Ko-

meten und der Entstehung der irdischen Eiszeiten führen. Im vorliegenden Aufsatz soll auf Grund dieser Annahme die Entstehung der Eiszeiten kurz dargelegt werden.

I. Physikalische Begründung.

1. Die Phänomene der diluvialen Eiszeit lassen sich erklären, wenn angenommen wird, daß die mittlere Jahrestemperatur der vereisten Gebiete um einige Grade unter der gegenwärtigen gelegen habe; schon eine geringe Verminderung der Sonnenstrahlung würde diese Wirkung hervorrufen. Das Fundament unserer Hypothese ist nun die Annahme, daß im Innern eines Nebels eine Verringerung der Sonnenstrahlung erfolge, und daß sie als Absorptionswirkung der zwischen der Sonne und der Erde befindlichen Nebelmassen aufzufassen sei. Für diese Absorptionswirkung müssen wir einen Maßstab zu gewinnen suchen, dürfen dabei aber nicht außer acht lassen, daß, weil die auf Sonne und Erde stürzende Nebelmaterie einen Teil ihrer kinetischen Fallenergie in Wärme verwandelt, außer der durch Absorption entstehenden Schwächung der Strahlung ein sie wenigstens teilweise kompensierendes, wärmeerzeugendes Moment vorliegt.

Die Geschwindigkeit, mit der die Sonne im Weltraum fortschreitet, beträgt ungefähr 20 km/sec. Nach den Untersuchungen W. W. Campbells ist es wahrscheinlich, daß die großen, unregelmäßigen kosmischen Nebel im Raume ruhen; wir wollen daher voraussetzen, daß sich die Sonne mit der angegebenen Geschwindigkeit einem Nebel nähere. Dann beschreiben die Nebelteilchen um die Sonne hyperbolische Bahnen, deren große Achse $2a$ den Wert $2kM:c^2$ hat, wo k die Gravitationskonstante, M die Sonnenmasse, c die relative Geschwindigkeit von Sonne und Nebel bedeutet. Alle diese Bahnen liegen in Ebenen, die sich in der Apex-Antiapex-Linie, d. i. in der Fortschreitungsline der Sonne im Nebel, die wir als x -Achse bezeichnen wollen, schneiden, und zwar sind die Asymptoten der absteigenden Hyperbeläste dieser Linie parallel.

Die Anziehung der Erde auf ein in hyperbolischer Bahn sich ihr näherndes Teilchen ist so gering, daß dieses, auch wenn es in unmittelbare Nähe der Erde gelangt, in seiner Bewegung nur wenig gestört wird (die Ablenkung aus der Bewegungsrichtung beträgt nur einige Grade). Auf die Erde fallen daher nur Nebelteilchen, die sich innerhalb eines Zylinders befinden, dessen Grundkreis ein größter Kreis der Erde und dessen Achse die relative Bewegungsrichtung der Erde und der benachbarten Nebelteilchen ist. Die Geschwindigkeit, mit der diese Teilchen in das Anziehungsgebiet der Erde eindringen, sei V , ihre Dichte δ ; dann fällt auf 1 qcm der Erde senkrecht zur Fortschreitungsrichtung in 1 Sekunde die Masse $m = V\delta \text{ sec cm}^2$. Die Geschwindigkeit V setzt sich aus der Geschwindigkeit c ,

¹⁾ Seeliger führt das Aufleuchten der neuen Sterne auf ein Eindringen derselben in dichte kosmische Meteorwolken zurück. Feine kosmische Gasnebel kommen dabei nicht in Frage.

²⁾ Das Problem der Entwicklung unseres Planetensystems, 2. Aufl. 1919, J. Springer, Berlin.

der Erde in ihrer Bahn und der Geschwindigkeit v , welche die Nebelteilchen in der Entfernung der Erde von der Sonne besitzen, nach dem Parallelogrammsatze zusammen; sie beträgt durchschnittlich 50 km/sec. Die kinetische Fallenergie der Nebelmassen ist $\frac{1}{2} m V^2$; die ihr äquivalente Wärmemenge betrage das λ -fache der gegenwärtig von der Sonne zugestrahlten Wärme. Dann erhält man, wenn als Wert der Solarkonstanten 2,5 Kalorien angenommen wird, durch Einsetzen der numerischen Werte:

$$\delta = \lambda \cdot 2,8 \cdot 10^{-14} \text{ g/cm}^3.$$

Wenn die Nebeldichte sich dem Werte 10^{-14} g/cm^3 nähert³⁾, so würde hiernach die durch den Fall der Nebelmassen auf die Erde erzeugte Wärmemenge bereits mit derjenigen vergleichbar sein, die sie gegenwärtig von der Sonne erhält.

Der berechnete Grenzwert der Nebeldichte erlaubt noch nicht, für die Größe der Absorption des Nebels einen Maßstab zu gewinnen. Dies ist erst möglich, wenn die Verhältnisse in der unmittelbaren Umgebung der Sonne bestimmt sind. Bei Dichten von der Größenordnung 10^{-14} g/cm^3 hat ein Gas, das die interplanetarischen Räume erfüllt, bereits als Kontinuum zu gelten; denn in diesem Falle beträgt die freie Weglänge der Teilchen nur einige km⁴⁾. Die an der Sonne vorbeieilenden Nebelmassen werden daher in ihrem Rücken, beim Durchschreiten der negativen x -Achse, mit andern ihnen entgegenkommenden Massen zusammenstoßen und sich zu einem Schweife verdichteter Nebelmaterie zusammenschieben. Da die Nebelmassen beim Zusammenstoße nur die auf dem Radiusvektor senkrecht stehende Bewegungskomponente einbüßen, die in seiner Richtung liegende aber bewahren, so werden sie sich zunächst noch von der Sonne entfernen. Bei allen Massen, deren Kollisionspunkt unter einer gewissen, von der relativen Geschwindigkeit c abhängenden Grenzentfernung⁵⁾ liegt, wird diese Aufstiegsgeschwindigkeit nicht genügen, sie ganz aus dem Anziehungsbereich der Sonne zu entfernen. Sie sinken nach einer gewissen Zeit nach der Sonne zurück. Dabei treffen sie mit anderen, noch aufsteigenden oder seitlich neu sich herandrängenden Massen zusammen. Infolge davon werden sie ihre gerade Fallrichtung

mehr oder weniger ändern und, in die Nachbarschaft der Sonne gelangt, im allgemeinen nicht auf diese niederstürzen, sondern, seitlich abgelenkt, an ihr vorbei eilen und, immer wieder mit neuen Massen kollidierend, sie ablenkend und von ihnen abgelenkt, endlich die ganze Sonne wie eine schützende Hülle umgeben. Zwar werden alle Teilmassen der Hülle, deren Bahn sie zufällig bis an die Grenze der Sonnenatmosphäre führt, in diese hineinsinken, aber da immer neue Schweifmassen herbeieilen, so erleidet auch die Hülle keinen bleibenden Verlust. Beim Durchschreiten eines Nebels erscheint hiernach die Sonne wie ein riesiger Komet. Den strahlenden Kern umgibt eine dichte Nebelhülle, und dieser folgt ein langer Schweif verdichteter Nebelmaterie, der, falls die relative Bewegungsrichtung der Sonne im Nebel sich infolge lokaler Strömungsvorgänge der Nebelmaterie mit der Zeit ändert, auch eine gekrümmte Form annehmen kann.

Wenn der Sonne die Nebelhülle fehlte, so würde ihre Strahlung durch die Nebelmaterie nur eine geringe Absorption erleiden. Ein Lichtstrahl, der eine den Raum zwischen Sonne und Erde ausfüllende Nebelmaterie von der Dichte 10^{-14} g/cm^3 durchsetzt, würde auf seinem Wege nur ungefähr den 10 000. Teil der Moleküle antreffen wie ein die Erdatmosphäre senkrecht durchheilender Lichtstrahl und daher, falls die Absorptionskraft dieser Massen der der Gase der Erdatmosphäre ungefähr entspricht, kaum eine Schwächung erfahren. Die Dichte der die Sonne umgebenden Nebelhülle kann aber so groß vorangesetzt werden, daß sich die erforderliche Absorptionswirkung ergibt. Ist auch die Sonnenatmosphäre an der Absorption beteiligt, so hat man anzunehmen, daß sich die aufgenommenen Nebelmassen allmählich wieder aus ihr niederschlagen und daß sich ein Gleichgewichtszustand einstellt, da sich andernfalls die Eiszeitphänomene immer mehr verstärken würden.

Es ist auch gestattet, den kosmischen Nebelmassen eine geringere Diathermanität beizulegen als der atmosphärischen Luft, da sie, wie ihr Spektrum ausweist, außer Wasserstoff und Helium auch Metaldämpfe, deren Diathermanität sehr klein ist, enthalten.

³⁾ Man erlangt einen Begriff von der Feinheit der Nebelmaterie, wenn man sich vorstellt, daß die Dichte der Sonne den angegebenen Wert 10^{-14} g/cm^3 besitzen würde, wenn ihre Masse in gleichmäßiger Verteilung eine Kugel ausfüllte, deren Radius gleich der achtfachen Entfernung des äußersten Planeten Neptun von der Sonne wäre.

⁴⁾ Erst von der Dichte 10^{-22} g/cm^3 an (freie Weglänge von der Größenordnung des Erdbahnradius) würde die Annahme erlaubt sein, daß sich die Nebelteilchen in den interplanetarischen Räumen frei bewegen.

⁵⁾ Diese Grenzentfernung hat den Wert $2a$. Vgl. den Aufsatz: Neue Erklärung der Entstehung der irdischen Eiszeiten, Abh. Nat.-Ver. Brem. Bd. XX, H. 1, wo sich auch genauere Angaben über Menge und Energiegehalt der in Frage kommenden Massen finden.

2. Auf jedes qcm der Sonnenoberfläche fällt in einem Jahre die Masse $\mu = 4,2 \cdot 10^{15} (c_e : c)^3 \delta \text{ cm}^3$. Die durch ihren Fall erzeugte Wärmemenge ist das $3 \cdot 10^{15} (c_e : c)^3 \delta \text{ cm}^3/\text{g}$ -fache der gegenwärtig von der Sonne ausgestrahlten⁶⁾. Sie dient weniger dazu, die Temperatur der äußeren gasförmigen Sonnenmassen zu erhöhen, als ihre Expansion zu vergrößern, verzögert daher den Entwicklungsgang der Sonne und bewirkt vielleicht sogar ein Rückwärtsschreiten auf ihrer Entwicklungskurve.

3. Interglazialzeiten erklären sich dadurch, daß die Sonne nacheinander in mehrere durch

⁶⁾ Vgl. Abh. Nat. Brem., a. a. O., S. 12 f.

größere Zwischenräume getrennte Teile des Nebels eintritt.

4. Nicht alle der Erde entgegeneilenden Nebelteilchen (ihre Gesamtmasse beträgt in einem Jahre bei dem mittleren Werte $V = 50$ km/sec für jedes qcm der Erdoberfläche $4 \cdot 10^{13}$ δ cm³) kommen mit ihr zur Vereinigung. Eine große Anzahl, besonders die unter spitzen Winkeln auftreffenden, werden, wie es sich jetzt bei vielen Sternschnuppen beobachten läßt, von der Erdatmosphäre seitlich abgleiten, einen Teil ihrer Bewegungsenergie aber den Massen, auf die sie treffen, abgeben und diese mit sich fortreißen. Auch die unter größeren Winkeln auftreffenden Teilchen werden, ähnlich wie ein ins Wasser geschleudertes Stein Wassertropfen aufspritzen läßt, Teilchen der Erdatmosphäre in den Weltraum hinausschleudern. Damit ein Teilchen die Anziehung der Erde überwinde, braucht es nur 11 km/sec Aufstiegsgeschwindigkeit zu besitzen; Geschwindigkeiten von dieser Größenordnung können ihnen aber von den mit Geschwindigkeiten von 50 km/sec und mehr in die Atmosphäre eindringenden Nebelteilchen leicht erteilt werden. Hiernach braucht keineswegs angenommen zu werden, daß sich die Masse der Erdatmosphäre beim Durchgang der Sonne durch einen kosmischen Nebel durch Aufnahme von Nebelmaterie vermehre, sondern es besteht sogar eine größere Wahrscheinlichkeit dafür, daß die wie ein Sandstrahlgebläse wirkende Nebelmaterie ihr einen Teil ihrer Masse entzieht.

II. Die diluviale Eiszeit.

1. Die diluviale Eiszeit ist von der Gegenwart nur durch den verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitt der Postglazialzeit, deren Dauer man auf 20 000 bis 30 000 Jahre schätzt, getrennt. Trifft unsere Vermutung, daß die diluviale Eiszeit beim Durchschreiten eines kosmischen Nebels entstand, zu, so muß dieser in der Gegend des Antiapex der Sonnenbewegung liegen und sich von der Sonne entfernen, uns aber noch verhältnismäßig nahe sein. Tatsächlich liegt ziemlich genau im Antiapex der Sonnenbewegung der große Orionnebel, die glänzendste Erscheinung unter allen kosmischen Nebeln, der sich mit seinen Ausläufern durch das ganze Sternbild des Orion erstreckt und von dem sich die Sonne mit einer Geschwindigkeit von 17,4 km/sec entfernt. Die Parallaxe des Nebels hat man auf direktem Wege bis jetzt nicht bestimmen können, ebenso wenig die der einzelnen Orionsterne. Aus den geringfügigen Änderungen, welche die gegenseitigen Winkelabstände mehrerer Orionsterne während eines längeren Zeitabschnittes erkennen lassen, hat *Bergstrand* jedoch die mittlere Parallaxe dieser Sterne hergeleitet⁷⁾ und den Wert 0,008 gefunden. Weil einige Orionsterne ein ähnliches Spektrum haben wie der Nebel und weil die Struktur der Nebelmassen stellenweise einen

physischen Zusammenhang mit den Sternen zu verraten scheint, so legt er dem Orionnebel dieselbe Parallaxe bei. Ihr entspricht eine Entfernung von 400 Lichtjahren; diese Strecke würde die Sonne bei 17,4 km/sec relativer Geschwindigkeit in ungefähr 7 Millionen Jahren zurückgelegt haben. Nun ist das Alter gewisser jungtertiärer, radioaktiver Gesteine, deren Entstehungszeit der diluvialen Eiszeit unmittelbar voraufragt, nach der Heliummethode zu ungefähr 1 Million Jahren ermittelt worden⁸⁾. Da ein Teil des Heliums aus den Gesteinen entweicht, gibt die Heliummethode nur Minimalwerte. Nach der zuverlässigeren Bleimethode erhält man in den meisten Fällen die 2- bis 3fachen Werte. Hiernach dürfte der Beginn der Eiszeit 2 bis 3 Millionen Jahre zurückliegen. Da der aus der Parallaxe 0,008 berechnete Wert mehr als das Doppelte beträgt, so würde, falls die Parallaxe richtig bestimmt wäre, anzunehmen sein, daß unser Sonnensystem nicht den Orionnebel selbst, sondern andere, mit ihm vielleicht zusammenhängende, aber nicht ganz so weit entfernte Nebelmassen durchschritten habe. Als solche könnten die bereits erwähnten feinen diffusen Massen in Frage kommen, die sich durch das ganze Sternbild des Orion erstrecken⁹⁾.

Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, daß die Parallaxe des Nebels größer ist als die mittlere Parallaxe der Orionsterne. Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß bei den meisten Orionsternen ein physischer Zusammenhang mit dem Nebel wenigstens jetzt nicht mehr besteht, da sie weit außerhalb des Nebels, zum Teil sogar in den benachbarten Sternbildern, liegen. Wenn sie sich aber seitlich weit von ihrem Ursprungsorte entfernt haben, so wird ihr radialer Abstand ungefähr von derselben Größenordnung sein. Einige Sterne mögen zwar auch jetzt noch mit gewissen Teilen des Nebels physisch verbunden sein. Dies hindert aber ebenfalls nicht, anzunehmen, daß sie von der Hauptmasse des Nebels radial ebenso weit entfernt sind, wie die zuerst erwähnten Sterne in lateraler Richtung. Ferner haben manche Sterne, die bei der Bestimmung der Parallaxe herangezogen worden sind, in dem Orionnebel wahrscheinlich nicht ihren Ursprung genommen, fälschen daher das Rechnungsergebnis, und endlich läßt die Tatsache, daß die gemessenen Radialgeschwindigkeiten auch derjenigen Sterne, bei denen man mit einiger Wahrscheinlichkeit einen Ursprung aus dem Nebel annehmen könnte, sich immer noch um merkliche Beträge unterscheiden, den Mutmaßungen über

⁸⁾ R. Lawson, Über die absolute Zeitmessung in der Geologie, Naturwissenschaften 1917, H. 26.

⁹⁾ Gewisse Gegenden des Himmels, z. B. auch das Sternbild des Orion, zeichnen sich durch ihre Sternarmut aus. Diese Tatsache erklärt man meistens durch die Annahme, daß das Licht weit entfernter Sterne durch eine, große Gebiet des Weltraums ausfüllende, lichtabsorbierende Materie ausgelöscht wird. Vielleicht ist unser Sonnensystem auch durch einen solchen unsichtbaren Nebel hindurchgeschritten.

⁷⁾ Astronomische Nachrichten, Bd. 210, Nr. 5037/38.

die Position des Nebels, von dem sie sich zweifellos schon vor vielen Millionen Jahren losgelöst haben, einen weiten Spielraum⁴⁰⁾. Hiernach besteht immer noch die Möglichkeit, daß unser Sonnensystem wenigstens einen gewissen Zeitabschnitt im Orionnebel selbst verweilt hat. Wegen der Kürze der Postglazialzeit muß jedoch angenommen werden, daß die zuletzt durchschrittenen Teile des Nebels uns noch ziemlich nahe liegen. Aus der angegebenen Dauer der Postglazialzeit würde sich bei einer relativen Geschwindigkeit von 17,4 km/sec für diese Nebelteile eine maximale Parallaxe von 2" bis 3" ergeben.

2. Die Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur um den bei der diluvialen Eiszeit vorliegenden Betrag (ungefähr 5°) würde, wenn die mittlere Oberflächentemperatur der Erde zu rund 300° abs. angenommen wird, durch eine Verringerung der Sonnenstrahlung um ungefähr $\frac{1}{60}$ ihres Wertes bewirkt werden. Falls die Durchlässigkeit der Nebelmaterie für Wärmestrahlen so groß wäre, wie die der atmosphärischen Luft, würde hiernach, da die Erdatmosphäre ungefähr die Hälfte der senkrecht auffallenden Wärmestrahlen absorbiert, schon eine Nebelmasse von 30 g über jedem Quadratcentimeter der Sonnenoberfläche, bei einer Dichte von der Größenordnung 10^{-18} g/cm³ z. B. also schon ein Aufenthalt von wenigen Jahren im Nebel genügen, um auf der Erde die diluvialen Eiszeitphänomene hervorzurufen.

3. Eine mit der Geschwindigkeit V auftreffende und in 1 Sekunde zur Ruhe kommende Masse m ruft auf 1 qcm Fläche den Druck $p = m V/\text{cm}^2\text{sec}$ hervor. Da die in jeder Sekunde senkrecht auf 1 qcm der Erdoberfläche fallende Masse $m = V \delta \text{ cm}^2\text{sec}$ ist, so beträgt der durch

sie hervorgerufene Druck also $p = V^2 \delta$. Setzt man $V = 50$ km/sec, $\delta = 10^{-15}$ g/cm³, so erhält man $p = \frac{1}{10}$ g/cm sec² = $\frac{1}{40\,000\,000}$ Atmosphäre. Von derselben Größenordnung ist der Druck, der in der Erdatmosphäre in einer Höhe von 120 km über der Erdoberfläche herrscht. Beim Durchschreiten eines Nebels von der Dichte 10^{-15} g/cm³ würden daher die auf die Erde fallenden Nebelmassen imstande sein, die jenseits 120 km Höhe liegenden Atmosphärenschichten seitlich abzudrängen und selbst bis in diese Tiefen vorzudringen. Die seitlich gedrängten Massen würden, soweit sie nicht infolge der ihnen durch den Zusammenstoß verliehenen großen Bewegungsenergie der Erde ganz verloren gehen, auf der Rückseite der Erde Schutz finden. Falls sie hier ruhten, an der Rotationsbewegung der Erde also nicht teilnahmen, könnten sie, durch Nebelmaterie verstärkt, zu ziemlicher Mächtigkeit anwachsen; doch würde ihrem Wachstum eine Grenze gesetzt sein, wenn der Druck der auftreffenden Nebelmassen sie nicht mehr im Gleichgewicht zu halten vermöchte. Nach dem Austritt der Sonne aus dem Nebel würden sie sich dann über die ganze Atmosphäre verbreiten und allmählich auch in ihre Rotationsbewegung hineingezogen werden. Wenn in ungefähr 120 km Höhe, wie man vielfach annimmt, die Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre aufhört und von einer Wasserstoffatmosphäre abgelagert wird, so hätte der Schluß, daß der diluviale Eiszeitnebel eine maximale Dichte von 10^{-15} g/cm³ gehabt habe und daß ihm die Wasserstoffschichten der Erdatmosphäre entstammen, hiernach eine gewisse Berechtigung.

Durch die vermutete Änderung der Zusammensetzung und möglicherweise auch des Druckes der Atmosphäre läßt sich vielleicht erklären, daß sich die diluviale Eiszeit nicht wie ein katastrophaler Zwischenakt zwischen zwei in ihrem klimatischen Charakter ungefähr übereinstimmende Weltalter schiebt, sondern eine klimatische Wende bedeutet, welche die warme Tertiärzeit, in der noch in mittleren Breiten tropische Pflanzen wuchsen und wahrscheinlich noch nicht einmal die Pole vergletschert waren, von der Gegenwart, die sich durch scharf ausgeprägte klimatische Zonen und in weitem Umfange vergletscherte Polargebiete kennzeichnet, scheidet.

4. Während die Umgebung des Antiapex der Sonnenbewegung außer dem Orionnebel in den benachbarten Sternbildern noch eine große Anzahl anderer Nebel aufweist, ist die Umgebung des Apex der Sonnenbewegung an Nebeln arm. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die Sonne in einen neuen Nebel eintrete und eine neue Eiszeit ihre verheerenden Wirkungen auf der Erde äußere, ist also nur gering.

III. Die permische Eiszeit.

1. Die permische Eiszeit hat bis jetzt allen Erklärungsversuchen gespottet, erstens, weil es unüberwindliche Schwierigkeiten machte, Ursachen einer Klimaverschlechterung für eine Zeit

⁴⁰⁾ Bergstrand vermindert die Radialgeschwindigkeiten aller Orionsterne, aber nicht die des Nebels, um den von Campbell angegebenen systematischen Fehler 4,7 km/sec. Diese Differenz ergibt sich, wenn man die Radialgeschwindigkeiten der Sterne aus der Verschiebung der Ca-Linien bestimmt, die etwas geringer ist als die Verschiebung der Linien aller übrigen Elemente, im besonderen auch der Linien des Wasserstoffs, die man bei der Bestimmung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne meistens benutzt hat. Da aber die Ursache dieses unterschiedlichen Verhaltens der Ca-Linien noch dunkel ist, so dürfte es ratsamer sein, bei der Bestimmung der Radialgeschwindigkeiten die Verschiebung der Linien der übrigen Elemente zugrunde zu legen oder, falls wirklich ein systematischer Fehler vorliegen sollte, diesen nicht einseitig nur bei den Sternen, sondern auch bei dem Nebel in Anrechnung zu bringen. Wenn man aus dem angegebenen Grunde bei den Orionsternen die nicht reduzierten Werte als die richtigen betrachtet, oder wenn man ebenso wie bei den Sternen auch bei dem Nebel die Radialgeschwindigkeit um den angegebenen systematischen Fehler verringert, so würden die Sterne dem Nebel durchschnittlich mit ungefähr 5 km/sec radialer Geschwindigkeit vorauseilen, also in dem langen, seit der Trennung von dem Nebel verflissenen Zeitraum einen großen Vorsprung vor ihm gewonnen haben, und folglich der Nebel uns viel näher sein als sie.

glaubhaft zu machen, nach deren Ablauf die Strahlungsintensität der Sonne noch so groß war, daß sich nicht einmal nach der geographischen Breite abgestufte Klimazonen herausbilden konnten, und zweitens, weil diese Eiszeit nicht, wie die diluviale, die ganze Erde, sondern vorwiegend nur die südliche Halbkugel ergriffen zu haben scheint. Nach W. Eckardt¹¹⁾ und A. Wegener¹²⁾ bietet sich als Erklärungsgrundlage nur die Hypothese einer Schollenverschiebung größten Maßstabes dar; diese Äußerung dürfte jedoch, da die Annahme einer Schollenverschiebung den größten Bedenken offen steht, als Eingeständnis völliger Ratlosigkeit gegenüber dem Problem zu werten sein¹³⁾.

Für die Richtigkeit unserer Erklärung spricht, daß sie sich ohne weiteres auf die permische Eiszeit übertragen läßt. Wenn die Annahme, daß diese Eiszeit auf die südliche Halbkugel und die äquatorialen Gebiete beschränkt geblieben sei, zutrifft, so bedarf sie nur einer geringen Modifikation. Bei größerer Dichte der Nebelmassen kann die in der Sonnenatmosphäre und der sie umgebenden Hülle stattfindende Absorption der Sonnenstrahlung so groß werden, daß nur noch ein kleiner Bruchteil die Erde erreicht. Nähert sich die Dichte dem Werte 10^{-14} g/cm³, so besteht jedoch, wie wir gezeigt haben, die Möglichkeit, daß die durch den Sturz der Nebelmaterie auf die Erde erzeugte Wärmemenge ausreichenden Ersatz bringt. Machen wir ferner die Annahme, daß die Bewegungsrichtung der Sonne im Nebel ungefähr senkrecht auf der Ekliptik steht und daß die Nordseite der Ekliptik bei der Bewegung voranschreitet, so kommt die entstehende Wärmemenge fast ausschließlich der nördlichen Erdhalbkugel zugute, und die südliche muß sich in einen Eispanzer hüllen.

Um einige numerische Anhaltspunkte zu gewinnen, setzen wir zunächst voraus, die Bewegungsrichtung der Sonne im Nebel falle mit der Senkrechten auf der Ekliptik zusammen. Dann ist in jedem Punkte der Erdbahn die Dichte der Nebelmaterie und ihre Fallgeschwindigkeit V konstant. Diese letzte hat den Wert

$$\sqrt{v^2 + c_e^2}.$$

Die Stelle, wo die Nebelmaterie die Erdoberfläche senkrecht trifft, d. i. also der Ort maximaler Wärmezeugung, soll als Punkt P bezeichnet werden. Schreibt man $\operatorname{tg} \alpha = c_e : v$, so dreht sich Punkt P im Laufe eines Jahres im Winkelab-

stande α einmal um die Senkrechte auf der Ekliptik herum, rückt daher zuzeiten in die Nähe des Nordpols der Erde, zuzeiten in größere Entfernung von demselben. Für $c = 20$ km/sec z. B. ist $v = 47$ km/sec, folglich $\alpha = 32\frac{1}{2}^\circ$, und die maximalen und minimalen Winkelabstände des Punktes P vom Nordpol betragen daher, bei einer Ekliptikschiefe von $23\frac{1}{2}^\circ$, 56° und 9° . Die Umgebung des Nordpols, bis herab zu 56° Breite, wird hiernach das ganze Jahr von fallender Materie getroffen; es gibt keinen Wechsel von Tag und Nacht. Orte in weniger als 56° Breite haben zu einer gewissen Zeit des Jahres ebenfalls beständig Tag, zu der andern Zeit jedoch Wechsel von Tag und Nacht, und am Äquator wechseln Tag und Nacht das ganze Jahr. Eine bis in 56° Breite reichende Zone der südlichen Halbkugel hat wenigstens noch einige kurze Tage; die Umgebung des Südpols aber ist stets in Nacht gehüllt. Da die durch den Fall der Nebelmaterie erzeugte, einem Quadratcentimeter der Erdoberfläche zugestrahlte Wärmemenge nicht nur mit der zunehmenden Dauer der Nächte, sondern auch mit der zunehmenden Neigung der Fallrichtung abnimmt, so erklärt sich leicht, daß sich die ganze südliche und darüber hinaus auch noch größere Gebiete der nördlichen Halbkugel, wo die Gletscherbildung durch lokale Verhältnisse vielleicht begünstigt wird, in Eis hüllen können.

Neigt sich die Fortschreitungsrichtung der Sonne im Nebel gegen die Senkrechte auf der Ekliptik, so liegen, wenn die Neigung nicht groß ist, die Verhältnisse noch ähnlich; doch ist die Fallgeschwindigkeit V und die Dichte¹⁴⁾ der Nebelmaterie nicht mehr während des ganzen Jahres konstant¹⁵⁾. Mit sich vergrößernder Neigung vergrößern sich die Unterschiede zwischen den Jahreszeiten und verringern sich im allgemeinen die klimatischen Gegensätze der beiden Halbkugeln.

2. Wird die Sonnenstrahlung durch Absorption nicht völlig unterdrückt, so kommt die Reststrahlung in erster Linie den Äquatorialgebieten zugute. Auch in diesem Falle verschärfen sich

¹⁴⁾ Über die Nebeldichte in der Umgebung der Sonne siehe a. a. O. S. 6.

¹⁵⁾ Bei der Bestimmung der numerischen Werte muß außer dem Winkel φ , den die Fortschreitungsrichtung der Sonne mit der Senkrechten auf der Ekliptik bildet, auch der Winkel ψ berücksichtigt werden, den sie mit der Erdoberfläche einschließt. Liegt die Bewegungsrichtung der Sonne z. B. in der Richtung der Erdoberfläche, so ist $\varphi = 23\frac{1}{2}^\circ$, $\psi = 0$. Für $c = 20$ km/sec beträgt dann die maximale und minimale Entfernung des Punktes P vom Nordpol 38° und 25° , und die Maximal- und Minimalwerte von V sind 65 und 45 km/sec. Die diesen Grenzwerten entsprechenden Wärmemengen stehen im Verhältnisse 2:1. Liegt die Fortschreitungsrichtung in der Ekliptik, so treten abnorme Verhältnisse ein, da die Erde den der Sonne folgenden Nebelschweif durchschreiten muß. Für $\psi < 90^\circ$ ist auch noch in diesem Falle die nördliche Halbkugel vor der südlichen bevorzugt. Außer im Falle $\varphi = 0^\circ$ ist der Winkel ψ wegen des Fortschreitens der Äquinoktialpunkte mit der Zeit langsam veränderlich.

¹¹⁾ Über die permokarbone Eiszeit, Naturwissenschaften 1917, H. 29.

¹²⁾ Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Braunschweig, 1920.

¹³⁾ Wegener hält das Problem der permischen Eiszeit nur für lösbar, wenn außer der Annahme gewaltiger Schollenverschiebungen noch die einer beträchtlichen Polverlagerung gemacht wird. In einem demnächst in „Petermanns Mitteilungen“ erscheinenden Aufsatz werden wir uns bemühen, zu zeigen, daß beide Annahmen, weil sie eine einwandfreie physikalische Begründung nicht zulassen, aufgegeben werden müssen.

die jahreszeitlichen Gegensätze, und die beiden Halbkugeln bleiben klimatisch weniger streng voneinander geschieden.

3. Dringt die Sonne in dichtere Teile des Nebels ein, so vergrößert sich die erzeugte Wärmemenge. Die Klimagürtel der nördlichen Halbkugel rücken nach Süden vor, und die Gletschergrenze in den äquatorialen Gebieten schreitet zurück. Beim Eindringen in feinere Nebelmassen dehnen sich umgekehrt die Gletscher der südlichen Halbkugel nach Norden hin aus, und die Klimagürtel der nördlichen Halbkugel schließen sich enger um den Pol zusammen. Dabei können örtliche Gletscherherde in Gebieten entstehen, die vorher nicht vergletschert waren.

4. Da während der permischen Eiszeit die Erde keine allgemeine Abkühlung erlitt, so konnten wärmebedürftige Pflanzen und Tiere diese Zeit überdauern. Sie fanden Zuflucht in den ihnen angemessenen Klimazonen der nördlichen Halbkugel und wanderten mit diesen weiter nördlich oder südlich, sobald eine Änderung der klimatischen Verhältnisse erfolgte.

5. Bäume der permischen Eiszeit lassen keine oder nur schwache Andeutungen von Jahresringen erkennen. Der hieraus zu ziehende Schluß, daß während der Eiszeit nur geringe Unterschiede zwischen den Jahreszeiten bestanden, harmoniert gut mit unserer Erklärung, da nach dieser die Umgebung des Nordpols keinen Wechsel der Jahreszeiten kennt und jahreszeitliche Gegensätze sich erst allmählich mit der Annäherung an den Äquator bemerkbar machen.

6. Kommt fast die ganze erzeugte Wärmemenge der nördlichen Halbkugel zugute und verteilt sie sich ziemlich gleichmäßig auf die Gebiete rund um den Pol herum, so muß eine gewaltige zyklonale Luftbewegung um den Pol als Mittelpunkt entstehen. Hier steigen die erwärmten Luftmassen auf und fließen dann antizyklonal nach dem Äquator ab; zum Ersatz strömen von der südlichen Halbkugel kalte Luftmassen herbei. Die relative Feuchtigkeit dieser kalten Winde ist gering und wird um so geringer, je weiter sie auf der nördlichen Halbkugel vordringen und sich hier erwärmen. Regenarmut kennzeichnet daher das Klima der nicht vereisten Gebiete. Mit dieser Folgerung stimmt die Ansicht mancher Geologen, daß die gewaltigen Konglomeratablagerungen des Rotliegenden als Wüstenbildungen zu betrachten seien, gut überein. Vielleicht ist sogar der Schluß gestattet, daß die Wassermassen der nördlichen Halbkugel mit der Zeit fast ganz nach der südlichen hinüberdestillierten, die meisten nördlichen Meere also austrockneten und nur noch Gletscherströme von den äquatorialen Gebieten nach Norden vordrangen, um hier allmählich zu versiegen. Wenn die gewaltigen Steinsalzlager des oberen Zechsteins noch der permischen Eiszeit angehören sollten, so würde in diesem Falle für ihre Entstehung eine einfache Erklärung gefunden sein.

Besprechungen.

Nernst, Walther, Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadro'schen Regel und der Thermodynamik. Achte bis zehnte Auflage. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1921. XVI, 896 S. und 58 Abbild. Preis M. 141,—.

Nach langer, durch die Kriegs- und Nachkriegsnöte bedingten Pause ist eine neue Auflage von Nernsts Lehrbuch erschienen, von unzähligen Studenten und älteren Fachgenossen sehnlichst erwartet und daher wohl trotz dreifacher Stärke und trotz des erhöhten Preises zu baldigem Vergriffensein bestimmt. Äußerlich ist sie gegen die siebende Auflage von 1913 um 58 Seiten gewachsen — und in der Qualität des Papiers zeitgemäßerweise etwas zurückgegangen —, inhaltlich ist sie in geradezu mustergültiger Weise überall den Fortschritten unserer Wissenschaft gemäß ergänzt worden. Und das bedeutet bei der außerordentlich regen Entwicklung der letzten Jahre sehr viel: sind doch die Lehre vom Bau der Atome, die durch die Röntgenspektroskopie erschlossenen Kenntnisse von der Kristallstruktur völlig neue Wissensgebiete, und sind auf vielen anderen — Anwendungen von Nernsts drittem Wärmesatz und den damit zusammenhängenden Fragen der Eigenschaften der Stoffe bei tiefen Temperaturen, radioaktiven Umwandlungen, Isotopen und vielen anderen Dingen — ganz außerordentliche Fortschritte gemacht worden.

Über all dies unterrichtet Nernst den Leser, teils in besonderen neuen Kapiteln, teils durch entsprechende Umgestaltung oder Ausgestaltung der älteren, teils auch nur durch kurze Hinweise auf Original-literatur oder monographische Darstellungen, aus denen nähere Belehrung zu schöpfen ist. Ja selbst in den Kapiteln, die im wesentlichen unverändert geblieben sind, weil sie einigermaßen abgeschlossene Gebiete behandeln, findet sich immer wieder einmal ein Bericht über einen neuen Fortschritt — Wohls Zustandsgleichung bei der kinetischen Gastheorie, Ghosh's Theorie der „Anomalie der starken Elektrolyte“ — oder auch nur eine kurze Andeutung über eine einzelne neuere Arbeit.

So ist auch die neue Auflage in ausgezeichnete Weise dem heutigen Stand unseres Wissens angepaßt und bietet eine Fülle von Belehrung. Die ist freilich für den angehenden Jünger unserer Wissenschaft nicht überall mühelos herauszuholen: die ungeheure Fülle des Gebotenen zwingt zu einer oft erheblichen Knappheit in der Darstellung und die oft stark kritisierende, gelegentlich auch einmal gegen die abweichende Ansicht eines Fachgenossen polemisierende Schreibweise des Verfassers erleichtert dem Anfänger das Studium des Buches sicherlich nicht. Das ist nicht immer so gewesen: ich erinnere mich noch sehr gut, mit welcher Leichtigkeit ich die erste Auflage verschlungen habe, als ich 1893 als Schüler Viktor Meyers an meiner Doktorarbeit beschäftigt war, und mit welcher Begeisterung mein verehrter Lehrer von dem Buche sprach, das er auf einer Ferienreise „genossen“ hatte. Beide waren wir entzückt von der Einheitlichkeit, mit der das ganze Werk geschrieben war, von der Eleganz und Klarheit, mit der es überall das Gebotene darlegte — und mit der es uns half, die Begriffe von Gleichgewicht und Reaktionsgeschwindigkeit zu meistern, mit denen wir uns damals am Jodwasserstoff abmühten.

Aber jene erste Auflage hatte auch ein unendlich bescheidenes Gebiet zu behandeln als die heutige,

nicht nur an Umfang, sondern auch an Kompliziertheit; es war damals leichter als heute, physikalische Chemie zu lernen wie zu lehren. Aber dazu kommt noch ein Zweites: damals war *Nernsts* Anteil an den Erfolgen der physikalischen Chemie ein bescheidener; außer gelegentlicher Betätigung auf anderen Gebieten hatte er ihr als Hauptgabe die Theorie der galvanischen Elemente geschenkt, und so berichtete er im wesentlichen über das, was andere gefunden hatten. Heute gibt es kaum ein Gebiet im ganzen Buch, auf dem er und seine Schüler nicht Erhebliches geleistet hätten, und so ist heute sein Lehrbuch an sehr vielen Stellen eine Wiedergabe eigener Gedanken, eigener Versuche und eigener Kämpfe, die es gekostet hat, sie durchzusetzen, sei es gegen die Natur, die ihre Geheimnisse hütete, sei es gegen diesen oder jenen Fachgenossen, der anderer Meinung war.

Dadurch ist der Charakter des Buchs seit jener ersten Auflage allmählich ein viel persönlicherer geworden; vielleicht, wie ich oben sagte, nicht zur Erleichterung für den studierenden Anfänger, aber um so mehr anregend für den, der sich ausgiebiger mit ihm befaßt, sei er der Student, der sich ernstlich der physikalischen Chemie verschrieben hat und nicht nur fürs Examen Belehrung sucht, sei er der ältere Fachgenosse, der im Lehrbuch eine knappe Zusammenfassung oder eine Kritik dessen findet, was ihm aus den Originalarbeiten mehr oder weniger geläufig ist.

Und hierin liegt meines Erachtens der ganz ungewöhnliche Wert des *Nernstschen* Buches: es ist wirklich nicht sowohl ein Lehrbuch, aus dem der fleißige Student sein Examenswissen schöpft, es ist eine Darstellung der physikalischen Chemie, die für jeden, der sich ernstlich mit ihr beschäftigt, eine unendliche Fülle von Anregung bietet, dort, wo sie anscheinend völlig geklärte Gegenstände kritisch beleuchtet, dort, wo sie auf ungelöste Probleme hinweist, und dort, wo sie — was auch vorkommt — beim Leser Widerspruch weckt. Dazu hat sich das Buch mit jeder Auflage mehr entwickelt und so hat es über seinen einfachen Lehrbuchcharakter hinaus — dessen großer Nutzen natürlich daneben bestehen bleibt — ganz Außerordentliches beigetragen zur Entwicklung unsrer Wissenschaft. Und da jede neue Auflage in dieser Richtung Neues bringt, so wollen wir hoffen, daß auch diese — die als zehnte und daher als Jubiläumsauflage diese etwas ausführlichere Besprechung des altbekannten Buches rechtfertigen mag — bald vergriffen sein möge, um wieder einer neuen Platz zu machen.

M. Bodenstein, Hannover.

Graetz, L., Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. In 5 Bänden. Band I, Lieferung 3. Leipzig, J. A. Barth, 1918. VIII, 340 S. und 56 Abbildungen. Preis M. 16,— + Teuerungszuschlag.

Im Vorwort zu diesem Werke wird gesagt: „Das Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus ist aus dem Bedürfnis hervorgegangen, die fast unübersehbare Fülle von Arbeiten aus allen Kulturländern über dieses Gebiet in ihren Methoden und Resultaten zu sammeln und zu einem wohlgeordneten Ganzen zu vereinigen. Es erstrebt dabei möglichst Vollständigkeit bei tunlichster Kürze und gibt eine systematische und kritische Darstellung des Gesamtgebietes der Elektrizitätslehre, wobei es überall alle Verzweigungen berücksichtigt, an denen diese Wissenschaft so reich ist.“

Bei Besprechung von Werken mit einer solchen Tendenz wird der Referent sich im wesentlichen darauf beschränken müssen, erstens festzustellen, ob die Gesamtanlage des Buches gut ist, d. h. ein „wohl-

geordnetes Ganzes“ ergibt, zweitens an Stichproben nachzusehen, ob die verlangte Vollständigkeit vorhanden ist.

Was den von *M. Trautz* bearbeiteten Teil über galvanische Elemente betrifft (Bd. I, 3. Lieferung), so ist zweifellos die Disposition des Stoffes eine recht glückliche. Es wird zuerst das Tatsachenmaterial wohlgeordnet besprochen, und zwar, wie es bei dem außerordentlich vielseitigen Stoffe nicht anders möglich ist, nach äußeren Merkmalen eingeteilt. Die Abschnitte lauten: 1. Allgemeines und Historisches, 2. Übersicht über die galvanischen Elemente, 3. Messungen an galvanischen Elementen, 4. Die Normalelemente. Dann folgt als der bei weitem größere Abschnitt eine ausführliche Theorie der Elemente mit den Kapiteln: 1. Allgemeines und historische Entwicklung, 2. Thermodynamische Theorie der galvanischen Ketten, 3. Kinetische Theorie der E. M. K., 4. Anwendung der Theorien. Ein Schlußabschnitt behandelt die kapillarelektischen Erscheinungen und Einzelpotentiale. Im einzelnen möchte dem Referenten der zweite theoretische Teil in seiner klaren und erschöpfenden Darstellung als der am besten gelungene erscheinen. Beim Lesen des ersten Abschnittes über galvanische Elemente kommt gelegentlich der Wunsch nach größerer Ausführlichkeit und Vollständigkeit auf; so z. B. beim Voltaeffekt, wo die wichtigen Versuche von *Greinacher* über die Ursache des Voltaeffektes nicht erwähnt sind. Es ist zwar der Umfang dieses Gebietes außerordentlich groß, doch gibt es noch sehr viele ungeklärte Fragen, so daß gerade deswegen die vollständige Mitteilung des ganzen Beobachtungsmaterials erwünscht erscheint.

Eine gleiche Disposition wie das vorstehend referierte Gebiet weist die in der gleichen Lieferung enthaltene Thermoelektrizität auf, die von *K. Baedeker* († 1914) bearbeitet, in der Literatur aber bis Ende 1916 vervollständigt ist. Auch hier werden zuerst der Thermoeffekt, der Peltiereffekt und der Thomsoneffekt von der experimentellen Seite her behandelt, während in dem darauffolgenden theoretischen Teile die Erscheinungen von der Thermodynamik und Elektronentheorie her besprochen werden. Auch hier würde man an manchen Stellen größere Ausführlichkeit wünschen.

E. Regener, Stuttgart.

Hettner, Alfred, Die Oberflächenformen des Festlandes, ihre Untersuchung und Darstellung. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921. VIII, 250 S. Preis geh. M. 21,—; geb. M. 24,—.

Unsere Kenntnis von den Oberflächenformen der Erde ist in den letzten Jahrzehnten bedeutend vorangeschritten. Die Lehren des Amerikaners *Davis* haben zur Belebung der morphologischen Forschung nicht wenig beigetragen. Sie führten aber durch eine gewisse Einseitigkeit dazu, daß wichtige Forschungszweige vernachlässigt wurden, daß manche Ergebnisse falsch, viele nicht hinreichend erwiesen sind. Der Streit darüber ist schon länger entbrannt und veranlaßte *Alfred Hettner*, den bedeutendsten Methodiker unter den lebenden Geographen, zu einer kritischen Prüfung der Lehren der Morphologie, sowohl der Methoden wie der Theorien. Eine solche grundsätzliche Erörterung wendet sich natürlich nur an den Fachmann.

Der *Davisschen* Schule tritt der Verfasser fast in allem völlig ablehnend gegenüber. Er hebt mit Recht hervor, daß die von *Davis* sehr vernachlässigten Kleinformen und Kräfte genauer Untersuchung bedürfen, weil sie den „Baustil“ der Landschaft bestimmen und

weil aus ihnen auf die Entstehung der Großformen geschlossen werden kann. Daß die Täler der Flüsse im allgemeinen durch Erosion des Flusses entstanden sind, eine der Grundanschauungen der Morphologie, darf trotz einzelner Unklarheiten der Theorie als gesichertes Gut der Wissenschaft gelten. *Davis* sucht die Verschiedenheiten in der Form der Täler als verschiedene Altersstadien einer Entwicklungsreihe zu deuten. Aber die Merkmale, nach denen er das Stadium bestimmt, fallen oft nicht zusammen. Ein Tal, das nach der Breite der Talsohle als reif zu bezeichnen wäre, ist vielleicht nach der Neigung der Talhänge jung, nach der Verzweigung des Talnetzes alt. Da je nach der Widerständigkeit des Gesteins zur nämlichen Zeit ganz verschiedene Stadien der Davisschen Reihe erreicht werden, so ist oftmals ein Tal von ganz einheitlicher Entstehung aus Stücken des verschiedensten „Alters“ zusammengesetzt. Vollends wenn man nicht nur ein Tal, sondern eine ganze Landschaft durch das Alter charakterisieren will, kommt man zu einem unübersichtlichen Durcheinander, es versagt die Methode. Auch ist gar nicht erwiesen, daß die verschiedenen „Stadien“ tatsächlich aufeinanderfolgende Zustände sind. Nach *Davis* wird in allen Gesteinen (außer Kalk) der Talhang anfangs steil, dann immer flacher sein, nur dauert der Vorgang der Verflachung in harten Gesteinen lange, in weichen kurz. Es scheint aber, daß in weichen undurchlässigen Gesteinen von vornherein flache Hänge entstehen, in widerständigen die Hänge auf die Dauer steil bleiben. Mit Recht weist *Hettner* darauf hin, daß die Abtragung eines Gebirges zu einer fast ebenen Rumpffläche ein ganz gewaltiger und schwer zu verstehender Vorgang ist, den weder die Theorie der Abrasion durch die Brandungswelle, noch die der festländischen Abtragung durch Flußerosion und Abflachung der Talwände, die bei *Davis* mehr eine mathematische Konstruktion als ein physikalisches im einzelnen erklärter Vorgang ist, noch die Theorie der Deflation durch den Wind, noch die der Regenfluten völlig befriedigend erklärt. Die Davisianer aber betrachten die Abtragung eines Gebirges bis zum Niveau der Flüsse als etwas Selbstverständliches. Finden sich auf Berggipfeln mehr oder weniger ebene Flächenstücke, die sich durch den Bau als Abtragungsf lächen zu erkennen geben, so erklären sie diese als Überreste einer einst zusammenhängenden Rumpffläche, durch deren Hebung und Zerschneidung das Gebirge entstanden sei. *Hettner* prüft die Anhaltspunkte für solche Rekonstruktionen und verwirft sie alle. Er findet, daß die Flächenstücke sich meist durch ganz andere, einfachere Vorgänge als völlige Einebnung eines Gebirges erklären lassen. Insbesondere erklärt er die „Landterrassen“, d. h. die Hochflächen, die sich in Schichtstufenlandschaften im Bereich weicher, undurchlässiger Gesteine ausdehnen, nach *Schmittthener* durch Abspülung der Regenrinnale, die nur flache „Dellen“, keine Täler bilden, also unabhängig vom Niveau der Flüsse. Er braucht dann nicht anzunehmen, daß die Landschaft nachträglich gehoben und zerschnitten worden sei. Meines Erachtens geht er in der Ablehnung der Rumpfflächen zu weit. Die Gründe für die Rekonstruktion der Rumpfflächen, wie Flächenreste, Reliefumkehr u. a. mögen vielleicht jeder für sich keinen unbedingten Beweis für die Existenz einer einstigen Rumpffläche liefern. Oft aber vereinigen sich viele solche Gründe zum Beweise. Auch läßt sich z. B. in manchen deutschen Mittelgebirgen durch die Lagerung des Oligocäns und Miocäns nachweisen, daß die heutigen Täler damals noch nicht vorhanden waren, wohl aber

die Hochflächen in annähernd der heutigen Gestalt. Damit ist m. E. erwiesen, daß diese Gebirge durch nachträgliche Zerschneidung einer ziemlich flachen Abtragungsf läche entstanden sind — auch wenn wir die Entstehung dieser Fläche noch nicht erklären können. Es ist nicht möglich, im Rahmen einer Besprechung alle die Probleme zu berühren, die *Hettner* klar erörtert, indem er stets das sicher Erkannte vom Zweifelhafte scheidet.

Im Anhang werden die Methoden und Hilfsmittel der morphologischen Forschung und Darstellung besprochen und dabei *Davis* nicht mit Unrecht vorgeworfen, daß durch seine Deduktionen und Lehrbegriffe oft die Beobachtung vernachlässigt oder gefälscht worden sei. So wird das *Hettnersche* Buch ohne Zweifel seine Aufgabe erfüllen, durch grundsätzliche Prüfung des Lehrgebäudes von den Oberflächenformen des Landes die Ansichten zu klären, die Morphologie vor Irrwegen zu bewahren und der Forschung einen sicheren Boden zu bereiten. *Fritz Jaeger, Berlin.*

Philippon, Alfred, Grundzüge der Allgemeinen Geographie. I. Band. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1921. VIII, 270 S., 55 Figuren und 2 Kartentafeln. Preis M. 48.—.

In weiten Kreisen wird die Geographie noch heute mit der Chorographie, jener einfachen Beschreibung der Erdoberfläche, der Aufzählung aller Staaten und Städte nebst ihrer Größe und Einwohnerzahl, der genauen Beschreibung von Gebirgen, Flüssen usw. identifiziert, und jene scherzhafte Definition des Geographen als eines Mannes, „der die Landkarte auswendig weiß“, paßt auch heute noch zu den Vorstellungen, die zahlreiche Gebildete von dieser Disziplin haben. Wenn nun auch eine gewisse Menge derartigen rein chorographischen Materials nicht entbehrt werden kann, so legt doch die moderne geographische Wissenschaft den Hauptwert auf den genetischen Gesichtspunkt. Sie sucht die mannigfaltigen Formen der Erdoberfläche in ihrer räumlichen Anordnung zu erkennen und zu erklären, indem sie den Bedingungen nachspürt, unter denen sie entstanden sind, und die Wirkungen der verschiedenen Kräfte analysiert, die zur Herausbildung der gegenwärtigen Gestalt geführt haben. Dabei ist die Geographie auf die Unterstützung zahlreicher anderer Wissenschaften angewiesen, und zwar in so hohem Maße, daß man ihr sogar den Rang einer selbständigen Wissenschaft streitig zu machen suchte.

Die Abfassung eines Lehrbuches ist daher eine Aufgabe, die bei der Geographie viel größere Schwierigkeiten bietet als bei anderen, schärfer abgegrenzten Wissenschaften, und dem persönlichen Ermessen bleibt ein viel größerer Spielraum überlassen als etwa in den meisten exakten Naturwissenschaften, was die bisher vorhandenen Kompendien der Geographie mit großer Deutlichkeit zeigen.

Jede wissenschaftlich geographische Betrachtung fußt auf der Grundlage der allgemeinen Geographie, die uns mit den Vorgängen und Kräften vertraut macht, als deren Ergebnis wir die heutige Erdoberfläche zu betrachten haben, wogegen die spezielle Geographie sich mehr mit der Anwendung dieser allgemeinen Grundsätze auf die einzelnen Landschaften beschäftigt. Für jeden, der geographisch arbeiten will, ist daher ein klares Verständnis und eine gründliche Kenntnis der allgemeinen Geographie unerläßlich. Da aber, wie schon angedeutet, die Anzahl der Wissenschaften, deren Anwendung auf die Erdoberfläche die allgemeine Geographie zusammenfaßt, ziemlich groß ist,

so muß bei einem Lehrbuch, das sich nicht die Ausbildung von Fachgeographen als Ziel steckt, eine weise Beschränkung Platz greifen, wenn ein lesbares Buch zustande kommen soll.

Diese Beschränkung ist dem Verfasser, der sein Werk dem Verständnis und Auffassungsvermögen des Studierenden und des naturwissenschaftlich gebildeten Laien angepaßt hat, in vorzüglicher Weise gelungen. Namentlich spürt man überall, daß nicht ein Kathedergelehrter, sondern ein gründlich und vielseitig gebildeter Forschungsreisender, der die Vorgänge in der Natur selbst beobachtet hat, das Wort führt. In leicht verständlicher, stets klarer, niemals langweiliger Form begnügt er sich, unter Hinweglassung allen überflüssigen Ballastes ein überzeugendes Bild von dem Wesentlichen zu geben, nicht aber eine Fülle von Wissensstoff zu bieten, die dem Fachmann zwar willkommen, für den Leser aber nicht zu bewältigen wäre. Dem Text entsprechen die Zeichnungen, die auf das äußerste vereinfacht sind.

Der vorliegende erste Band umfaßt nach einer kurzen Einleitung die mathematische Geographie, die im wesentlichen eine Kürzung der ausführlicheren Darstellung von *Hermann Wagner* in seinem klassischen Lehrbuch der Geographie darstellt. Der Hauptteil des Buches ist der Atmosphärenkunde gewidmet, die der Verfasser recht ausführlich behandelt. Teilt er doch die Erde in nicht weniger als 64 Klimaprovinzen ein, deren Grenzen auf einer Weltkarte eingetragen sind, während eine zweite Weltkarte die Wärmeverteilung an der Erdoberfläche nach verschiedenen Gesichtspunkten veranschaulicht. Eine Übersicht der wichtigsten Literatur und ein Register beschließen das Werk.

Man darf der Fortsetzung, die u. a. auch das Hauptforschungsgebiet des Verfassers, die Geomorphologie bringen wird, mit Spannung entgegensehen.

O. Baschin, Berlin.

Liebermeister, G., Tuberkulose, ihre verschiedenen Erscheinungsformen und Stadien sowie ihre Bekämpfung. Mit 16 zum Teil farbigen Textabbildungen. VI, 456 S. Berlin, Julius Springer, 1921. Preis M. 96,—.

Der Verfasser gibt eine Zusammenstellung vieljähriger Laboratoriumsforschung und Beobachtungen am Krankenbett. Durch die Selbständigkeit der Methodik und der Auffassung ebenso wie durch die Beweiskraft der Ergebnisse kann das Werk zu den bemerkenswertesten der neueren Literatur auf diesem Gebiete gerechnet werden, dem ja leider durch die ungeheure Zunahme der Volkskrankheit eine unheilvoll große Bedeutung zukommt. Haben doch z. B. unter den von *Liebermeister* untersuchten Erwachsenen mehr als 90% positiv auf Tuberkulineinspritzungen reagiert, eine Zahl, die genau übereinstimmt mit der bekannten *Nägels*, die aus anatomischen Untersuchungen gewonnen wurde.

Aus dem reichen Inhalt des Werkes seien hier nur einige Ergebnisse von allgemeinem Interesse angeführt. *Liebermeister* nimmt die schon von anderen Autoren aufgestellte Analogie zwischen dem Verlauf der Tuberkulose und dem der Syphilis an und unterscheidet danach ein primäres, sekundäres und tertiäres Stadium der Krankheit (nicht etwa zu verwechseln mit der bekannten Gradeinteilung der Lungenschwindsucht nach *Gerhardt-Turban*). Die größte Schwierigkeit in dieser Beziehung bereitet noch die zum Teil ganz fehlende anatomische Grundlage, so daß lediglich klinische Gesichtspunkte richtunggebend sein müssen.

Zwischen Infektion und Auftreten der primären

Erscheinungen vergeht in den verschiedenen Fällen sicherlich auch verschieden lange Zeit; je größer der Infekt, um so rascher verläuft diese Inkubationszeit. Was aber bisher gemeinhin als der Primäraffekt angesehen wird, ist in der Regel bereits eine Äußerung des tertiären Stadiums. Es bedarf vielmehr noch umfassender anatomischer und klinischer Untersuchungen, um Klarheit zu schaffen, welches die Erscheinungen des Primärstadiums sind. Das sekundäre Stadium kann sich sehr mannigfaltig äußern, ja es kann auch, wie epikritisch manche Fälle von traumatischer Tuberkulose lehren, ganz symptomlos verlaufen. Die Skrophulose, viele Fälle von Asthenie, Chlorose, Anämie, manche rheumatische Erkrankungen, worunter vor allen Augenerkrankungen die größte Bedeutung haben und am besten geklärt sind, ferner Erkrankungen der serösen Häute, einige Exantheme, darunter namentlich das Erythema nodosum, alle diese haben nachweislich Beziehungen zur Tuberkulose. Es handelt sich hier um Zustände, bei denen oft von einer Disposition für Tuberkulose oder von „latenter Tuberkulose“ gesprochen wird, die aber *Liebermeister* eben als sekundäre Erscheinungen der Krankheit aufgefaßt wissen will. Daß hiermit nicht nur einem theoretischen Bedürfnis Genüge geleistet wird, sondern auch ein wesentlicher Gewinn für die Praxis daraus erwächst, lehren eine große Zahl von Krankengeschichten solcher Fälle, die scharf auf Tuberkulin reagiert haben und durch spezifische Behandlung ganz geheilt werden konnten, während jede andere Therapie mehr oder weniger versagte. Wer sich der Anschauung des Verfassers anschließt, wird nun auch mit ihm so früh als nur möglich an die spezifische, d. h. Tuberkulinbehandlung solcher Fälle gehen.

Im Einzelfall gibt es, wie auch bei der Syphilis, wesentliche Abweichungen vom Krankheitsverlauf. So kann in bösartigen Fällen das Sekundärstadium übersprungen werden; in gutartigen kann es schon im Sekundärstadium zur völligen Heilung kommen, so daß das tertiäre sich nicht mehr ausbildet. Sekundäre und tertiäre Symptome können — und hierin besteht ein wesentlicher Unterschied gegenüber der Syphilis — nebeneinander verlaufen oder sich wiederholt ablösen.

Liebermeister ist ein durch zahllose Erfolge überzeugter Anhänger der Tuberkulindiagnostik und -therapie, die er im wesentlichen mit den Robert Kochschen Präparaten durchführt. Er setzt sich mit den zurzeit in hoher Geltung stehenden Anschauungen auseinander, die die Spezifität der Tuberkulinreaktion leugnen, indem er darauf hinweist, daß die Reaktion auf das Mittel bei Kranken schon in Dosen von Millionstel, ja Zehnmillionstel-Gramm eintritt. Dagegen kommen die mit beliebigen Proteinkörpern hervorgerufenen Reaktionen nach den bisherigen Erfahrungen erst mit unvergleichlich viel höheren Dosen zustande.

Aus der Fülle klinischer Beobachtungen sei hier die grundsätzlich wichtigste hervorgehoben: der in einer überraschend großen Zahl von Fällen erbrachte Nachweis der Bazillämie. Das Vorkommen von Tuberkelbazillen im strömenden Blut wurde bisher als ziemlich große Seltenheit angesehen, und man erblickte in ihm ein allerschlimmstes Zeichen. Nach *Liebermeister* findet aber ein dauerndes Kreisen der Bazillen in der Blutbahn statt; ein klinischer Unterschied zwischen Fällen mit oder ohne Bazillämie besteht nicht, und unter den zur biologischen Heilung gelangten Fällen befanden sich auch solche, bei denen Tuberkelbazillen im Blut gefunden worden waren. Diese

sehr bemerkenswerten Ergebnisse hat *Liebermeister* seiner außerordentlich verschärften Methodik zu verdanken, die leider noch zu kompliziert ist, um von der allgemeinen Praxis angenommen werden zu können; es handelt sich um eine Verfeinerung des mikroskopischen Bazillennachweises, der so wesentlich leistungsfähiger gestaltet ist, als selbst der Tierversuch.

Den Erfolgen einer planmäßigen Tuberkulinbehandlung steht *Liebermeister* sehr vertrauensvoll gegenüber, obwohl er einen äußerst strengen Maßstab an den Nachweis der durchgeführten Heilung stellt. Denn er verlangt dafür nicht nur ein Verschwinden aller klinischen Symptome, sondern auch eine dauernde Immunität gegen die höchstmöglichen Dosen der Kochschen Bazillenemulsion.

Von der frühzeitigen und zielbewußten Behandlung der Kranken, namentlich im Kindesalter, die zum Teil schon durch die öffentlichen Fürsorgestellen ausgeübt werden könnte, erhofft der Verfasser trotz der ungeheuren Ausbreitung der Seuche und der großen materiellen Not einen Erfolg für die Wiedererstarkung des Volkskörpers.

A. Lazarus, Berlin-Charlottenburg.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die Polflucht der Kontinente.

Mit lebhaftem Erstaunen vermisste ich in den kritischen Bemerkungen der Herren *Nölke* und *Koenigsberger* in Heft 33 dieser Zeitschrift zu den Ausführungen des Herrn *Epstein* in Heft 25 den Hinweis darauf, daß eine „Polflucht“ der Kontinente im Betrage von 33 m jährlich (S. 501 rechts Mitte), die *Epstein* als unbezweifelte Tatsache seiner Rechnung zugrunde legt, gleichbedeutend wäre mit einer fortschreitenden Verkleinerung der geographischen Breiten um eine ganze Bogensekunde jährlich. Gegen eine solche Ungeheuerlichkeit muß denn doch nachdrücklichst Einspruch erhoben werden.

In längeren Zeiträumen wiederholte Breitenbestimmungen zahlreicher Sternwarten lehren, daß nicht einmal der hundertste Teil jenes Betrages angenommen werden darf; so wurden z. B. in Greenwich folgende, jedesmal auf mehrjährigen Beobachtungsreihen beruhenden Werte gefunden:

1755:	+ 51° 28' 38",7
1826:	38,8
1838:	38,4
1845:	38,2
1856:	37,9
1872:	38,6
1890:	38,1
1900:	38,0.

Ob die in diesen Zahlen angedeutete allmähliche Verkleinerung der Breite, für die eine Ausgleichung nur 0",005 jährlich ergibt, überhaupt als reell gelten darf, ist sehr zweifelhaft angesichts der Tatsache, daß die älteren Beobachtungsreihen infolge Saalrefraktion um reichlich 1" systematisch verfälscht sein können. Ein ähnlich geringfügiges Kleinerwerden der Polhöhe ist auch noch auf einigen andern Sternwarten angedeutet, aber die Unsicherheit der Beträge ist noch beträchtlicher. Dagegen deuten die Beobachtungen des Internationalen Breitendienstes (vgl. diese Zeitschr. 1919, S. 454) ein Anwachsen der Breiten um 0",003 jährlich an, das aber auch durch fehlerhafte Annahme der Eigenbewegungen der benutzten Sterne vorgetäuscht sein kann.

Potsdam, 9. September 1921.

B. Wanach.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Röntgenspektrographische Untersuchungen an Eisen und Stahl. Das von *Debye* und *Scherrer* angegebene röntgenographische Verfahren zur Untersuchung von Kristallen, die sog. Pulvermethode, eignet sich sehr gut zur Feststellung des Feinbaus der Metalle. Diese bestehen bekanntlich meistens aus Aggregaten einer großen Zahl unregelmäßig orientierter Kristallteilchen und sind deshalb schon in unverteilter Form, d. h. als Draht oder als dünne Stäbchen, einer Untersuchung nach dieser Methode zugänglich.

Verfasser hat es versucht, den Aufbau der Kristalle in Eisen und Stahl zu ermitteln. Daß seine Bestrebungen nicht erfolglos geblieben sind, dürfte vor allem dem Umstand zuzuschreiben sein, daß im physikalischen Institut der Universität Lund unter der Leitung von Professor *Manne Siegbahn* sehr viel zur Vereinfachung der Methode getan worden ist.

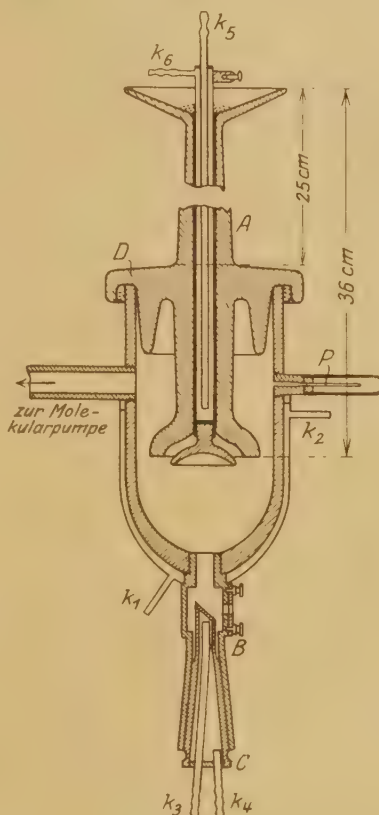


Fig. 1.

Durch eine von *Siegbahn* konstruierte Metallröntgenröhre ist eine erhebliche Verkürzung der Expositionszeit im Verhältnis zu der in früheren Versuchsanordnungen nötigen ermöglicht. Fig. 1 zeigt einen Durchschnitt der Röhre. Der eigentliche Röhrenkörper ist aus Rotguß oder Phosphorbronze hergestellt. Der obere Teil A ist ein Porzellanisolator, durch den die Kathode aus Aluminium eingeführt ist. Unten ist ein röhrenförmiger Ansatz B festgelötet. Dieser ist innen nach unten hin konisch erweitert, und die Antikathode ist darin genau eingeschliffen. Die Antikathode ist ein Hohlkörper aus Kupfer, der durch Wasserspülung kalt gehalten wird. Irgendeine andere

Strahlung als die des Kupfers kann sehr leicht dadurch erhalten werden, daß eine Platte des betreffenden Metalls an die Kupferantikathode aufgelötet wird. Für die Eisenuntersuchungen erwies sich das Eisen als ein sehr geeignetes Antikathodenmaterial. Die Röntgenstrahlung drang durch drei Aluminiumfenster aus der Röhre hinaus, und es konnten also Aufnahmen in drei Kameras gleichzeitig ausgeführt werden.

Die Röhre wurde in diesen Untersuchungen durch eine Hochspannungsanlage mit Hochspannungsgleichrichter betrieben. Die Spannung betrug etwa 40 Kilovolt und die Stromstärke 15–20 Milliampères. Die Expositionszeit war etwa 45 Minuten, in einigen Ausnahmefällen 2 bis 3 Stunden.

Die bei gewöhnlicher Temperatur benutzte Kamera war sehr wenig von der von *Debye* und *Scherrer* beschriebenen verschieden. Für Aufnahmen bei höheren Temperaturen wurde eine besondere Kamera konstruiert. Diese war mit Kühlvorrichtungen zum Schutze des Films versehen und wurde zur Vermeidung der Oxydation der erhitzten Probe während der Aufnahme mit Wasserstoff gefüllt. Das Untersuchungsobjekt, das aus einem in der Mitte der Kamera vertikal aufgespannten Eisendrahte (99,9 % Fe) bestand, wurde durch einen elektrischen Strom zum Glühen gebracht. Die Temperatur desselben wurde mit einem Holborn-Kurlbaumschen optischen Pyrometer geschätzt.

Zu Anfang wurde ein dünner Draht aus weichem Eisen (C: 0,15 %) untersucht. Das dabei erhaltene Spektrogramm zeigte in Übereinstimmung mit dem Befunde von *A. W. Hull*, daß das bei gewöhnlicher Temperatur stabile α -Eisen ein raumzentriertes würfeliges Gitter besitzt. Die Kantenlänge des Elementarkubus beträgt $2,87 \cdot 10^{-8}$ cm.

Es wurden demnächst zwei austenitische Stähle untersucht. Der eine enthielt 12,1 % Mn und 1,34 % C, der andere 25,2 % Ni und 0,24 % C. Sie wurden bei 1000° in Wasser abgeschreckt. Aus den so gehärteten Stählen wurden Probezylinder von 2 mm Durchmesser geschliffen. Beide ergaben dasselbe Spektrogramm, das von dem des α -Eisens verschieden war. Nach demselben besitzt der Austenit ein flächenzentriertes würfeliges Gitter. Die Kantenlänge des Elementarkubus ist $3,60 \cdot 10^{-8}$ cm. Der Austenit wird ja bekanntlich als unterkühltes γ -Eisen angesehen. Nach diesen ersten Untersuchungen sollte also der Unterschied zwischen α - und γ -Eisen darin bestehen, daß jenes ein raumzentriertes und dieses ein flächenzentriertes Gitter besitzen. Aus dem Spektrogramm des kohlenstoffreichen Manganstahls konnte geschlossen werden, daß die Kohlenstoffatome nicht wie die Metallatome, sondern in irgendeiner anderen Weise im Gitter angeordnet sind.

Um das Gitter des β -Eisens und das des reinen γ -Eisens zu bestimmen, wurden Aufnahmen bei 800 bis 930° und bei 1000° in der Kamera für höhere Temperaturen ausgeführt. Das β -Eisen ergab ein Spektrogramm von demselben Typus wie das des α -Eisens. Bei 1000° wurden nur einige zerstreute schwarze Punkte auf dem Film erhalten. Die Kristalle hatten offenbar durch die Erhitzung so sehr an Größe zugenommen, daß nur einige wenige derselben die für die Interferenzstrahlung nötige Lage einnahmen. Es konnte jedoch durch Verbindung der nahe aneinander liegenden Punkte ein Linienspektrogramm konstruiert werden. Das bei 800° aufgenommene Spektrogramm stimmte mit dem des α -Eisens völlig überein, und der bei 1000° erhaltene Film war mit denjenigen der austenitischen Stähle identisch. Da nach der Mei-

nung des Verfassers die allotropen Umwandlungen fester kristallinischer Substanzen mit Umlagerungen der Atome verknüpft sind, kann daraus geschlossen werden, daß das α - und das β -Eisen dieselbe allotrope Modifikation des Eisens darstellen. Zwischen α - und γ -Eisen besteht jedoch ein grundlegender Unterschied.

Nach Abkühlung in flüssiger Luft ergab der austenitische Manganstahl ein unverändertes Spektrogramm. Bei mikroskopischer Untersuchung zeigte es sich auch, daß er dieselbe Struktur wie vorher besaß. Das Spektrogramm des in derselben Weise abgekühlten Nickelstahls enthielt hingegen sowohl die dem γ -Eisen entsprechenden Streifen wie auch die des α -Eisens. Wie mikroskopisch festgestellt werden konnte, war sein Austenit teilweise in Martensit umgewandelt. Demgemäß sollte also der Martensit α -Eisen enthalten.

Um nähere Auskunft über den Bau des Martensits zu bekommen, wurden auch Aufnahmen an einem gehärteten gewöhnlichen Kohlenstoffstahl (C: 1,25 %) ausgeführt. Es wurden nur die dem α -Eisen entsprechenden Streifen erhalten. Es ist also damit bewiesen, daß das im Martensite vorkommende Eisen der α -Form angehört. Ein bei 1275° abgeschreckter Schnelldrehstahl üblicher Zusammensetzung ergab gleichfalls ein Spektrogramm mit α -Eisenstreifen. In diesem trat außerdem eine Anzahl anderer Linien auf, die durch die Karbidphase des Stahls erzeugt wurden. Ob der Kohlenstoff im Martensite in der Form von Zementit oder als freie im Ferrit eingelagerte Atome auftritt, konnte auf Grund dieser ersten Spektrogramme nicht entschieden werden. Möglicherweise wird das später durch genauere Aufnahmen gelingen. Obgleich keine von einer Zementitphase herrührenden Streifen in den Martensitspektrogrammen auftraten, kann jedoch ein Vorkommen des Zementits im Martensit nicht als ausgeschlossen angesehen werden. Ein ausgeglühter Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 1,25%, der also etwa 18% Fe_3C enthielt, ergab auch keine Zementitstreifen. Durch Aufnahmen an isoliertem Zementite wurde festgestellt, daß der Bau desselben sehr kompliziert ist. Seine Interferenzen besitzen deshalb im Vergleich mit denen des einfach gebauten α -Eisens eine viel geringere Intensität.

Die vollständige Deutung des Zementitspektrogramms hat sich als sehr schwierig herausgestellt. Anscheinend ist der Aufbau dieses Körpers sehr kompliziert. Einige der Linien des Spektrogramms sind sehr breit und möglicherweise aus zwei oder noch mehr Linien zusammengesetzt. Es sind daher zur Ermittlung des Zementitgitters neue mit größerer Präzision aufgenommene Spektrogramme wünschenswert.

Die obigen Ergebnisse können gewissermaßen als vorläufig angesehen werden. Die Untersuchungsmethode kann unzweifelhaft verschärft werden, und durch eine gründlichere experimentelle Bearbeitung der Probleme kann gewiß viel mehr zu ihrer Lösung auf diesem Wege erreicht werden. Es dürfte jedoch aus diesen ersten Messungen hervorgehen, daß die modernen röntgenspektrographischen Methoden neues Licht auf viele metallographische Probleme werfen können. Die Untersuchungen werden deswegen vom Verfasser fortgesetzt.

Vollständigere Berichte über die bisherigen Untersuchungen werden in kurzer Zeit im Journal of the Iron and Steel Institute und in der Zeitschrift für physikalische Chemie erscheinen. *Arne Westgren.*

Fließvorgänge beim Stangenpressen in Messing. Über dieses Thema hat in der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde Herr Dr. *Doerinckel*, Eberswalde, einen

Vortrag gehalten, der allgemeines physikalisches Interesse hat. Der technische Prozeß des Stangenpressens besteht in folgendem. Das zylindrische Gußstück wird auf ca. 650° erhitzt und in eine starke Stahlform gebracht, in die es frei hineinpaßt. Die Preßform ist schematisch in Fig. 1 dargestellt. In A befindet sich das Messingstück, und der Stempel übt in der durch den Pfeil angegebenen Richtung auf das Messing einen Druck aus, so daß dieses erst gestaucht wird, die Form ausfüllt und dann aus der oberen Öffnung in Form der gewünschten Stange ausfließt.

Um die Bewegung der einzelnen Teile des Messings im Verlauf des Preßvorganges zu studieren, hat Dr. Doerinckel folgendes Verfahren angewandt. Der Messingblock wurde in eine Anzahl von flachen Zylindern

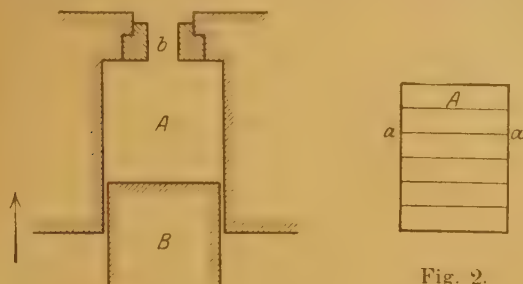


Fig. 1.

Fig. 2.

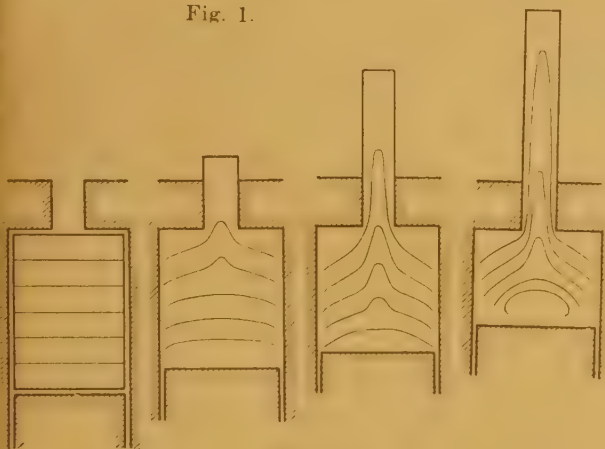


Fig. 3.

derstücken zersägt und zwischen diese dünne Platten aa eines anderen Materials, das sich durch abweichende Färbung vom Messing leicht unterscheiden ließ, seiner geringen Dicke und Gefügigkeit wegen das Verhalten des Blockes jedoch nicht wesentlich beeinflussen konnte, lose eingelegt (Fig. 2). Beim Heißpressen wurde das Ganze verschweißt und verhielt sich wie ein normaler Messingblock. Die Lagen der Platten aa nach verschiedenen Einpreßhöhen des Stempels B, wie sie zum Beispiel in senkrechten durch die Achse gehenden Schnitten des Preßstückes festgestellt werden können, ergeben dann ein Bild der Bewegung der einzelnen Teile desselben. Eine Reihe derartiger Schnitte hat — in fortschreitenden Stadien — nun folgende, in Fig. 3 abgebildete Bilder des Preßstückes ergeben, aus denen man folgendes ersieht. Während der mittlere Teil des Blockes gegenüber der Öffnung des Preßkopfes bei Annäherung an diesen voreilt, findet in den äußeren Teilen des Preßblockes, die sich ziemlich nahe an den Seitenwänden befinden, nicht nur keine fortschreitende Bewegung statt, sondern es tritt umgekehrt ein Rückwärtsfließen des Materials statt. Es ergibt sich somit das Bild einer Wirbelbewegung, ähn-

lich, wie man sie bei Flüssigkeiten wahrnimmt. In Fig. 4 ist schematisch das Bild der Bewegung der Masse durch Pfeile angedeutet. Die horizontal gestrichelten Teile bleiben während des ganzen Fließvorganges in Ruhe, wie man das an der unveränderten Gußstruktur des Materials feststellen kann.

Das physikalisch Interessante dieses Vorganges besteht darin, daß, während sonst die Entstehung von Wirbeln in wenig viskosen Flüssigkeiten mit der Trägheit schnell bewegter Massen zusammenhängt, dieses Moment in diesem Fall gänzlich ausscheidet. Die Wirbelbewegung wird hier durch hohen lokalen Geschwindigkeitsabfall bei großer innerer Reibung hervorgerufen. Die Linien ab, Fig. 5, deuten die Flächen an, an denen dieser Geschwindigkeitsabfall sich auszubilden strebt. Innerhalb des Zylinders abba strebt die Metallmasse mit großer Geschwindigkeit zur Ausflußöffnung hinaus, dicht außerhalb dieses Zylinders wird diese Bewegung durch die Vorderwand cb—bc jäh gehemmt. Der Geschwindigkeitsabfall würde mit einer enormen Entwicklung der inneren Reibungskräfte verbunden. Er wird vermieden, indem auch die Teile unmittelbar um den Zylinder abba sich an der Vorwärtsbewegung stärker beteiligen, die dann in eine Wirbelbewegung übergeht. Die Entstehung und Entwicklung dieser Wirbelbewegung ist an scharfe Form der Kante b, Fig. 5, der Matrice gebunden.

Vom metalltechnologischen Standpunkt aus ist folgendes zu bemerken. Die scharfe Kante bei b, Fig. 5, wird naturgemäß stark abgenutzt. Es ist deshalb versucht worden, sie abzuschrägen, mit dem Ergebnis, daß die gepreßten Stangen fehlerhaft wurden (porös, brüchig). Die Wirbelbewegung ist also für die Herstellung gesunder Messingpreßstangen unentbehr-

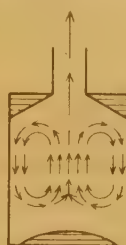


Fig. 4.

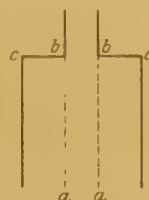


Fig. 5.

lich und bedeutet eine der heißen Durchschmiedung ähnliche Durchknetung des Materials, durch die die Fehler der Gußstruktur — Poren, große Kristalle usw. — beseitigt werden. Im Einklang hiermit steht auch die Erfahrung, daß sowohl der erste wie auch der letzte Teil einer Preßstange minderwertig sind, da sie aus einem Material bestehen, das keine Gelegenheit hatte, durchgeknetet zu werden. Vom technologischen Standpunkt aus muß also der Preßvorgang so geleitet und die Preßformen so gestaltet werden, daß innerhalb der Anstellmasse eine möglichst lebhaft (Wirbel-) Bewegung stattfindet.

Die in den in Fig. 4 horizontal gestrichelten Teilen liegenden Metallmassen bleiben bei dem Preßvorgang, wie erwähnt, still liegen. Diese Teile bedeuten also verlorene Räume, und die Preßform kann mit Vorteil so gestaltet werden, daß diese Räume ganz fortfallen.

G. Masing.

Die größte Fördermaschine der Welt ist im Jahre 1920 in der Kupfermine der Quincy Mining Comp. in Nordamerika aufgestellt worden. Sie fördert mittels einer Seiltrommel von 9,14 m Durchmesser und ebensoviel Breite eine Nutzlast von 10 t aus 2000 bis 2600 m senkrechter Teufe mit 975 m/min = 16,3 m/sec Ge-

schwindigkeit. Das Gewicht des abgewickelten Seiles von 3000 m Länge beträgt 19 t und ist ausbalanciert. Das Stahldrahtseil hat eine Dicke von 44 mm. Die riesige Seilscheibe wiegt ohne Welle rd. 250 t. Der Schacht ist oben wenig, unten stärker geneigt. Mit Berücksichtigung des An- und Ausfahrens beträgt die Zeit eines Zuges 4 min 8 sec. In der Stunde werden 12 Züge gefahren. Die Maschine wird bei 34 Umdrehungen in der Minute mit Satteldampf von 11,3 at und Einspritzkondensation betrieben. Die beiden Hochdruckzylinder haben 813 mm, die Niederdruckzylinder 1523 mm Durchmesser, der Kolbenhub beträgt 1676 mm. Die Maschinenwelle hat in den Hauptlagern nicht weniger als 710 mm Durchmesser bei 1372 mm Länge. Die Bedienung von Regulator, Umsteuerung und der Bandbremse erfolgt hydraulisch durch Drucköl. Die mit Dampfmanteln und Zwischenüberhitzer ausgestatteten Dampfzylinder und die Hauptlager stehen unter Druckschmierung. Der Dampfverbrauch pro Fahrt wird zu 660 kg angegeben. Eine Corliss-Steuerung verteilt den Dampf. L. Schneider.

Nordlicht in 600 km Höhe. Seinen früheren Arbeiten über das Nordlicht¹⁾ hat Carl Störmer eine neue Abhandlung folgen lassen²⁾, in welcher er die stereophotogrammetrischen Aufnahmen derjenigen Nordlichtstrahlen auswertet, die bei dem prachtvollen Phänomen in der Nacht vom 22. bis 23. März 1920 die größten Höhen erreichten. Die Basislinie Kristiania—Kongsberg, von deren Enden aus die korrespondierenden Aufnahmen gemacht wurden, ist 65 705 m lang. Eine um 9^h 23^m 56^s mittlere mitteleuropäische Zeit erhaltene Doppelaufnahme ergibt Höhen von 550 und 597 km, eine um 9^h 35^m 47^s erhaltene Höhen von 485, 519 529, 562 und 607 km. Die Lage dieser höchsten bisher gemessenen Polarlichtstrahlen wurde über dem europäischen Nordmeer, in der Nähe der norwegischen Küste bei Aalesund festgestellt. Auf zwei Tafeln sind Abzüge der beiden Plattenpaare reproduziert. O. B.

A novel Magneto-optical Effect. Unter diesem Titel beschreibt Elihu Thomson in der „Nature“ vom 23. Juni 1921 eine interessante Erscheinung, die zuerst zufällig von einem Herrn Davis beobachtet, dann von seinem Sohn Malcolm Thomson und ihm selbst im „Thomsonlaboratorium“ der General Electr. Co. in Lyon, Mass., untersucht wurde: In der Nähe des Magnetfeldes eines großen Transformators beobachtet man ein Aufleuchten der umgebenden Luft, wenn sich in ihr stark von Sonnenlicht bestrahlter „Rauch“ eines Eisenlichtbogens befindet. Ohne Magnetfeld kaum sichtbar, werden die fein verteilten, frei schwebenden Eisenteilchen stark leuchtend, wenn das Magnetfeld erregt wird, und werden beim Ausschalten des Feldes wieder unsichtbar. Mikroskopische Untersuchung lehrt, daß die Teilchen etwa 1—2.10⁻⁴ mm Durchmesser haben; häufig hängen 4—6 und mehr Teilchen in einer Linie zusammen. Offenbar ordnen sie sich im Magnetfeld in Ketten und zerstreuen dann das auffallende Licht stark. Das zerstreute Licht ist vollständig polarisiert, und zwar derart, als ob nur solche Wellen von den Ketten der im Magnetfeld orientierten Teilchen reflektiert werden, die parallel zur

Längsrichtung der Ketten schwingen; die dazu senkrecht schwingenden Wellen werden infolge des sehr kleinen Durchmessers der Teilchen nicht reflektiert.

R. Ladenburg.

Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der seismischen Oberflächenwellen längs kontinentaler und ozeanischer Wege, E. Tams, Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1921.

E. Tams untersucht, ob in der Ausbreitungsgeschwindigkeit langperiodischer Wellen Unterschiede bestehen, wenn ihre Wege überwiegend kontinental oder hauptsächlich über ozeanischen Boden gehen, ein Gegenstand, der schon hier und da in der Seismik berührt worden ist. Die mit manchen Vereinfachungen und Annahmen arbeitende theoretische Formulierung läßt erkennen, daß „die Oberflächenwellen sich auf ozeanischen Wegen schneller fortpflanzen müssen als auf kontinentalen Wegen“; freilich ist der Unterschied nicht beträchtlich. Dies und der Umstand, daß die Genauigkeit, mit der das Auftreten langperiodischer Wellen im Diagramm erkannt werden kann, nicht sehr groß ist, erschwert eine einigermaßen sichere Beantwortung. Tams sucht möglichst viel Beobachtungen zusammen, sichtet sie und berechnet unter Annahme einer durchweg geradlinigen Laufzeitkurve für die langperiodischen Wellen die Ausbreitungsgeschwindigkeit V . Für die ozeanische Ausbreitungsgeschwindigkeit ergibt sich $V(\text{ozean.}) = 3,897 \text{ km/sec}^{-1} \pm 0,028 \text{ m. F.}$, für die kontinentale $V(\text{kont.}) = 3,801 \text{ km/sec}^{-1} \pm 0,029 \text{ m. F.}$ Die Rechnung ergibt also einen zahlenmäßigen Unterschied, dem ein reeller Wert ohne weiteres nicht abgesprochen werden kann. Auch Tams weist darauf hin, daß sich mit fortschreitender Forschung das Ergebnis noch zweifellos ändern mag. Im 1. Heft der Physik. Ztschr. 1920 veröffentlicht K. Mack einen Aufsatz „Über Weltbeben und lange Wellen“ in der Absicht, mit Hilfe der langen Wellen die Entfernung des Epizentrums vom Beobachtungsort zu bestimmen. Im Anschluß hieran bringt C. Mainka im gleichen Jahrgang einen Aufsatz: „Bestimmung von Ort und Zeit des Ursprungs seismischer Oberflächenwellen“, in welchem er eine Ortsbestimmung des Bebens mittels der langen Wellen vorschlägt. Auf Grund dieser Methode kann schließlich die Sicherheit der Zeitbestimmungen solcher Wellen im Seismogram festgestellt werden, was für obige Untersuchungen von einigem Wert wäre. Mainka

Internationale Liste asiatischer Ortsnamen. In der Liste europäischer geographischer Namen, über welche in dieser Zeitschrift kurz berichtet wurde¹⁾, ist im Juli 1921 eine solche asiatischer Namen gefolgt²⁾. Sie enthält die wichtigsten Namen in alphabetischer Reihenfolge in verschiedenen modernen europäischen Sprachen, daneben aber noch unter Angabe der Schreibweise und Schriftzeichen mancher anderer, wie z. B. der arabischen, chinesischen, georgischen, hebräischen, japanischen, lateinischen, malayischen, persischen und türkischen Sprache. Es fehlen jedoch die Namen aus Palästina und Mesopotamien, die einer besonderen Liste vorbehalten bleiben. Am Schluß sind einige Fehler der Liste europäischer Namen berichtigt. O. B.

¹⁾ Vgl. Die Naturwissenschaften, 1921, Jahrg. 9, S. 223.

²⁾ Carl Störmer: Exemples des rayons auroraux dépassant des altitudes de 500 kilomètres au-dessus de la terre. Geofysiske Publikationer Vol. II, No. 2. Utgitt av den Geofysiske Kommission. 5 pag. 4 fotogr. Reproduktionen. Kristiania 1921. 31 cm. Kr. 1,50.

¹⁾ Vgl. die Naturwissenschaften, 1921, Jahrg. 9, S. 80.

²⁾ First general list of asiatic names. Published for the Permanent Committee on Geographical Names by the Royal Geographical Society. London 1921. 8 Seiten. Preis 6 d.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thezing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 43. (Seite 863—886)

28. Oktober 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Über das Vorkommen und den Zustand der Elemente in der Atmosphäre der Sonne und der Fixsterne. Von *Wilhelm Westphal, Berlin*. S. 863.
Die programmatische Bedeutung einer neuen Anatomie des Menschen. Von *C. Elze, Gießen*. S. 872.
Die ältesten Menschen. Von *A. Pütter, Bonn*. S. 875.
Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft. Von *Hans Nachtsheim, Berlin*. (Schluß.) S. 879.

Gebirgsbildung und Schwere. Von *S. von Bubnoff, Breslau*. S. 882.

Besprechungen:

Cloos, Hans, Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. Von *F. Kofmat, Leipzig*. S. 884.
Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Von *H. Kniep, Würzburg*. S. 886.
Mc Kready, Kelvin, Sternbuch für Anfänger. Zweite Auflage. S. 886.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Die Quantentheorie

Ihr Ursprung und ihre Entwicklung

Von

Prof. Dr. Fritz Reiche

Mit 15 Textfiguren. (VI, 232 S.)

Preis M. 34.—

Inhaltsübersicht:

- I. Der Ursprung der Quantenhypothese.
 - II. Das Versagen der klassischen Statistik.
 - III. Die Entwicklung und Verzweigung der Quantentheorie.
 - IV. Das Übergreifen der Quantenlehre auf die Molekulartheorie fester Körper.
 - V. Das Eindringen der Quanten in die Gastheorie.
 - VI. Die Quantentheorie der optischen Serien. Der Ausbau der Quantentheorie für mehrere Freiheitsgrade.
 - VII. Die Quantentheorie der Röntgenspektren.
 - VIII. Erscheinungen an Molekülmodellen.
 - IX. Ausblick.
- Anmerkungen und Zusätze.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/21.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52
maliger Wiederholung			

10	20	30	40
9/10			

 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/21.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C

Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle

übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Voigt & Hochgesang

Göttingen

Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten
Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt.
Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Mineralien, Kristalle und Gesteine

einzelnen und in ganzen Sammlungen.

Spez.: Vogtl. u. sächs. Vorkommen, sowie Graptolithen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl

Mineralien-Niederlage A. Jahn

Plauen i. V., Oberer Graben 9 (259)

Die Anschaffung des (225)

Handwörterbuchs der Naturwissenschaften



10 Bände in Halbleinen 1200 Mk., Auslandspreis 2880 Mk.,
erleichtert durch Verteilung des Betrages
auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10 0/0
Monatsraten. Das Werk wird sofort voll-
ständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Umwelt und Innenwelt der Tiere

Von

J. v. Uexküll

Dr. med. h. c.

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 16 Textabbildungen. (VI, 224 S.)

Preis M. 48.—; gebunden M. 54.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

1915 bis 1920
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten.

(236)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

28. Oktober 1921.

Heft 43.

Über das Vorkommen und den Zustand der Elemente in der Atmosphäre der Sonne und der Fixsterne.

Von Wilhelm Westphal, Berlin.

Wohl wenige Probleme der Naturwissenschaft dürften auf ein so allgemeines Interesse weiter Kreise rechnen können, wie die Frage nach der Beschaffenheit der Himmelskörper. Schon die Tatsache, daß man dieses Problem überhaupt aufzuwerfen wagt, könnte dem der Wissenschaft Fernerstehenden vermessen erscheinen. So vertraut uns allen der gestirnte Himmel ist, so unwahrscheinlich mag es dem Laien scheinen, daß wir mit irdischen Mitteln der Erforschung des Baus und der Zusammensetzung der Himmelskörper mit Aussicht auf Erfolg näher treten können. Und doch darf man heute sagen, daß unsere Kenntnis vom Bau und Zustand der Sonne und der Fixsterne in schnellem Fortschritt begriffen ist. Dieser Fortschritt besteht sowohl in der zunehmenden Anhäufung von exaktem Beobachtungsmaterial unter Verwendung stetig verbesserter Beobachtungsmittel wie in der Auswertung dieses Materials unter Benutzung der neuesten physikalischen Forschungsergebnisse. Einen Markstein in dieser Entwicklung bilden die Arbeiten von A. S. Eddington, über die A. Kohlschütter¹⁾ hier bereits berichtet hat, welche — wenn auch als erster und in vielen Punkten zu ergänzender Versuch anzusehen — außerordentlich wichtige Aufschlüsse über Masse, Dichte und Temperatur der Fixsterne geben, ohne aber die Beschaffenheit der Sternmaterie des näheren zu erörtern. Einen nicht minder bedeutsamen Fortschritt stellen wohl die Arbeiten von Megh Nad Saha²⁾, Professor der Physik an der indischen Universität zu Calcutta, dar. Sie beziehen sich auf die Beschaffenheit der Materie in den äußeren Hüllen, den Atmosphären, der Sonne und der übrigen Fixsterne und beruhen auf einer konsequent durchgeführten Anwendung atomtheoretischer und thermodynamischer Forschungsergebnisse auf das astrophysikalische Beobachtungsmaterial.

Diese neuen Fortschritte der Astrophysik sind in der Tat durchaus bedingt durch die Fortschritte der Atomphysik, insbesondere durch die erfolgreiche Deutung zahlreicher spektraler Phänomene durch die Atomtheorie von N. Bohr. Dies

¹⁾ A. Kohlschütter, Die Naturwissenschaften 7, 65 und 89, 1921.

²⁾ M. N. Saha, Phil. Mag. (6) 40, 472 u. 809, 1920; Proc. Roy. Soc. (A) 99, 135, 1921; ZS. f. Phys. 6, 40, 1921.

ist begreiflich, wenn man bedenkt, daß der einzige Bote, der uns von den Beschaffenheit der Himmelskörper Kunde bringen kann, das Licht ist, welches von den einzelnen Atomen der Materie ausgesandt oder beeinflusst wird und in seiner Wellenlänge von Art und Zustand der Atome bedingt ist. Wir sind also darauf angewiesen, unsere Kenntnis von den Atomen der Materie auf den Himmelskörpern aus deren Spektren lesen zu lernen.

Wir müssen hier einer schwerwiegenden Beschränkung Erwähnung tun, unter der die astrophysikalische Forschung zu leiden hat. Der Beobachtung zugänglich ist bei den Fixsternen nur der optische Bereich von etwa 3600 Å bis 6000 Å. Diese Grenzen sind der Beobachtung gezogen durch die Tatsache, daß die unserm Auge so wunderbar durchsichtig erscheinende Erdatmosphäre ihre Durchlässigkeit für Licht außerhalb der genannten Grenzen sehr schnell verliert und undurchsichtig oder trübe wird. Selbst die günstigste Lage eines Observatoriums bezüglich Höhe und Klima vermag daran nichts Wesentliches zu ändern. Nur bei der außerordentlich intensiven Strahlung der Sonne sind die Grenzen, besonders im Ultrarot, weiter gezogen. Es ist daher klar, daß wir von dem Vorhandensein eines Elementes auf einem Stern keine Kunde erhalten können, wenn das Spektrum seiner Atome unter den besonderen Bedingungen (Temperatur und Druck), welche auf dem Stern herrschen, nicht innerhalb des zugänglichen Bereichs liegt.

Es kann ferner, wie wir sehen werden, vorkommen, daß die Atome auf einem Fixstern andere als die gewöhnlich im Laboratorium beobachteten Spektren besitzen. In diesem Falle werden wir häufig nicht in der Lage sein, diese Elemente zu identifizieren, wenn auch ihre Spektrallinien in dem zugänglichen Wellenlängenbereich liegen.

So beweist uns das Auftreten bekannter Spektrallinien eines Elements im Spektrum eines Sterns mit Sicherheit das Vorhandensein dieses Elements. Dagegen ist das Fehlen der bekannten Linien eines Elements keineswegs ein Beweis für das Fehlen desselben auf dem Stern. Weit wahrscheinlicher ist es, anzunehmen, daß die Zusammensetzung aller Himmelskörper im wesentlichen die gleiche ist. Man kommt dann zu dem Schluß, daß unter den besonderen Bedingungen des Sterns die Schwingungen derjenigen Atome, deren Linien im Spektrum fehlen, uns unsichtbar oder aus anderen Gründen nicht

erkennbar sind. Die physikalische Begründung dieser Behauptung bildet den wesentlichen Inhalt der Arbeiten von *Saha*, über die hier berichtet werden soll.

Zum besseren Verständnis des Folgenden sei kurz auf Art und Beobachtungsmethode der Spektren der Sonne und der Fixsterne hingewiesen. Diese Spektren bestehen — mit Ausnahme derjenigen der gasförmigen Nebel (*P*-Sterne), deren Spektren aus hellen Emissionslinien bestehen — ebenso wie dasjenige der Sonne aus einem kontinuierlichen, hellen Bande, der Strahlung des eigentlichen Sternkörpers, welches von einer mehr oder weniger großen Zahl dunkler Linien — bei der Sonne nach ihrem Entdecker Fraunhofersche Linien genannt — durchzogen ist. Jede der dunklen Linien hat ihren Ursprung darin, daß das Licht der betreffenden Wellenlänge von Atomen in der gasförmigen Hülle (hauptsächlich in der „umkehrenden Schicht“) des Sterns absorbiert wird. Diese „Absorptionslinien“ haben die

Daß die Gase in den Atmosphären der Sterne, wie dies bei ihrer hohen Temperatur nicht anders zu erwarten ist, auch selbst strahlen, kann bisher nur im Falle der Sonne direkt nachgewiesen werden, und zwar bei totalen Sonnenfinsternissen. Unmittelbar bei Beginn und am Schluß der Totalität kommt nämlich ein Augenblick von wenigen Sekunden Dauer, wo die Photosphäre völlig von der Mondscheibe bedeckt ist, also kein Licht zu uns sendet, dagegen die gasförmige Hülle, die Chromosphäre, noch über den Mondrand hinausragt, so daß man ihre Strahlung nunmehr isoliert mit dem Spektrographen aufnehmen kann. Man bedient sich dazu eines spaltlosen Spektrographen, in dem das sichelförmige Bild, welches von der Sonne allein übrig bleibt, zu einem Spektrum auseinandergezogen wird (Fig. 1). Dieses besteht aus Emissionslinien, und zwar sind die einzelnen, den verschiedenen Wellenlängen entsprechenden Sicheln nicht gleich lang. Eine einfache geometrische Überlegung zeigt, daß die Länge der einzelnen Sicheln

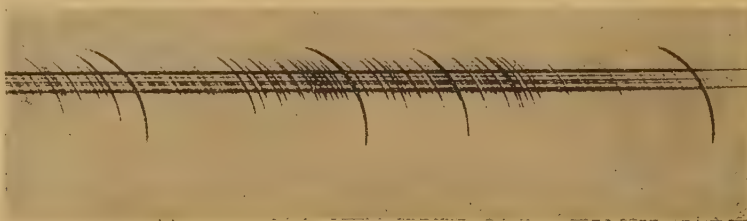


Fig. 1. Flash-Spektrum.

gleiche Wellenlänge wie die „Emissionslinien“. Sie sind wie diese charakteristisch für die betreffende Atomart und ermöglichen die Spektralanalyse der Sterne.

Das Auftreten der Absorptionslinien besagt nicht, daß das betreffende Element nicht auch strahlt. Bei der Sonne kann man, wie wir sehen werden, diese Strahlung sogar nachweisen. Nur ist sie so schwach, daß sie gegenüber der hellen Strahlung des Untergrundes, der Photosphäre, im allgemeinen nicht in die Erscheinung tritt. Es sei hier an einen bekannten Vorlesungsversuch erinnert. Betrachtet man eine mit Kochsalz beschickte Bunsenflamme durch ein Spektroskop, so erscheinen die bekannten gelben *D*-Linien des Natriums hell auf dunklem Grunde. Läßt man jedoch das helle Licht einer Bogenlampe durch die Flamme hindurch in das Spektroskop fallen, so erscheinen die *D*-Linien nunmehr als dunkle Absorptionslinien auf dem kontinuierlichen Spektrum des Kraters der Bogenlampe. Die Natriumatome der Flamme absorbieren das Licht der Bogenlampe, welches die gleiche Wellenlänge besitzt wie die *D*-Linien, und ihre eigene Emission ist viel zu gering, um die dadurch im Spektrum entstehende Lücke wieder auszufüllen. Man bezeichnet diese Erscheinung als Umkehrung der Spektrallinien.

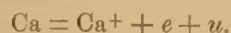
um so größer sein muß, eine je größere Höhe die Schicht der Chromosphäre hat, von der die betreffende Linie emittiert wird. Dieses Spektrum, nach seinem blitzartigen Auftreten meist „flash-Spektrum“ genannt, gibt uns also die Möglichkeit, die Verteilung der Elemente in der Sonnenatmosphäre zu berechnen. Auf diese Weise ist zum Beispiel festgestellt worden, daß die höchsten Höhen nicht, wie man erwarten sollte, vom Wasserstoff, sondern vom Calcium erreicht werden, nämlich 14 000 km. *Saha* hat, wie hier nur erwähnt sei, diese auffallende Tatsache als eine Wirkung des Strahlungsdrucks zu erklären versucht.

Das Spektrum eines Elementes wird wesentlich beeinflusst durch die Bedingungen, unter denen sich seine Atome befinden. Auf die hier obwaltenden Verhältnisse hat die Atomtheorie von *Bohr* ein helles Licht geworfen. Von dieser Theorie ist an dieser Stelle so häufig und ausführlich die Rede gewesen, daß die Kenntnis ihrer Grundzüge als bekannt vorausgesetzt werden darf, so daß nur wenige erinnernde Worte notwendig erscheinen. Bei einem unerregten Atom befinden sich die für sein optisches Spektrum allein in Betracht kommenden äußeren Elektronen auf den Bahnen mit der niedrigsten möglichen Quantenzahl. Sie sind daher nur im-

stande, die Linien ihrer Hauptserie zu absorbieren, d. h. derjenigen Serie, deren erster, konstanter Term dieser niedrigsten Quantenbahn entspricht. Zur Absorption der Linien höherer Serien (Nebenserien, Bergmannserie usw.) ist es erforderlich, daß das Atom „erregt“ sei, d. h., daß eines seiner äußeren Elektronen auf eine höhere Quantenbahn gehoben sei, welche nunmehr als Ausgangspunkt für die Absorption derjenigen Serie dienen kann, deren konstanter Term ihr entspricht³⁾. Damit diese höheren Serien praktisch beobachtbar sind, muß diese Erregung natürlich an einem gewissen, nicht zu kleinen Bruchteil der Atome vor sich gehen. Die Erregung kann auf zwei Weisen erfolgen. Einmal durch Absorption der Linien der Hauptserie, bei der die Elektronen von der niedrigsten auf eine der höheren Quantenbahnen gehoben werden. Das gleiche kann aber auch durch Zusammenstöße der Atome unter sich oder mit freien Elektronen ausreichender Geschwindigkeit erfolgen. Beide Arten der Erregung müssen mit der Temperatur des Sterns wachsen, denn gleichzeitig mit dieser wächst die Intensität der von der Photosphäre herkommenden erregenden Strahlung und die Temperatur der Gashölle selbst, welche die Heftigkeit und Häufigkeit der Zusammenstöße bedingt. Unter Umständen kann die Erregung so groß werden, daß ein Elektron völlig von seinem Atom entfernt wird. Das Atom wird damit zum positiven Ion und erhält ganz andere spektrale Eigenschaften, es ändert sein Spektrum. Das Spektrum des *neutralen* Atoms wird in der Regel als *Bogenspektrum* bezeichnet, das des *ionisierten* Atoms, welches der weit stärkeren Anregung im elektrischen Funken bedarf, als *Funkenpektrum*. Tritt also im Spektrum eines Sterns das Funkenpektrum eines Elements auf, so wissen wir, daß dieses dort in ionisiertem Zustande vorkommt. Es sind dies die Spektren, die früher den hypothetischen sog. Protoelementen zugeschrieben wurden. Da die Funkenspektren der meisten Elemente noch unerforscht sind, so werden zahlreiche Elemente infolge eintretender Ionisation der Identifikation entzogen.

Die moderne Thermodynamik zeigt uns nun einen Weg, um die *Abhängigkeit des Ionisationsgrades* (Zahl der ionisierten Atome: Gesamtzahl der Atome) *eines Gases in Abhängigkeit von*

Temperatur und Druck zu berechnen. Den zugrunde liegenden Gedanken hat zuerst *J. Eggert*⁴⁾ ausgesprochen und auf ein astrophysikalisches Problem angewandt. Er besteht in der Auffassung der Ionisation als eines chemischen Prozesses. Diese Auffassung erscheint durchaus berechtigt, seitdem wir wissen, daß alle chemischen Bindungen ihren Ursprung in den gleichen Kräften haben, die auch ein Elektron an sein Atom binden. Das Elektron wird also als ein chemisches Element, wie jedes andere, wenn auch mit sehr kleinem Atomgewicht, behandelt. Man kann daher die Ionisation eines Atoms, z. B. des Calciums, in bekannter Weise durch die symbolische Gleichung darstellen:



Hierin bedeutet Ca das neutrale, Ca⁺ das ionisierte Atom, *e* das Elektron und *u* die zur Abspaltung des Elektrons aufzuwendende Energie.

Die Fixsterne ändern ihren Zustand ganz außerordentlich, praktisch unbeobachtbar, langsam. Es besteht also in den ionisierten Gasen ihrer Atmosphären dynamisches Gleichgewicht zwischen den neutralen Atomen und den ionisierten Atomen und Elektronen, es zerfallen in jeder Sekunde ebensoviele neutrale Atome, wie sich neue durch Wiedervereinigung aus ionisierten Atomen und Elektronen bilden. *Eggert* hat nun auf ein solches Gleichgewicht eine von *W. Nernst*⁵⁾ abgeleitete Gleichung angewandt, die sich ursprünglich auf dissoziierte Substanzen bezog, die er aber nun im Hinblick auf die nahe Verwandtschaft der beiden Arten von Prozessen auch auf das Gleichgewicht ionisierter Gase übertrug. Die Nernstsche Gleichung lautet in dem vorliegenden Spezialfall:

$$\log \frac{x^2}{1-x^2} P = -\frac{U}{4,571 T} + 2,5 \log T + C. \quad (1)$$

Hierin bedeutet *x* den Ionisationsgrad, *P* den Gesamtdruck der Substanz in Atmosphären, *U* die Wärmetönung des Prozesses, d. h. in diesem Falle die zur Ionisation von einem Mol des Gases aufzuwendende Energie in Kalorien, *T* die absolute Temperatur. *C* ist die sog. chemische Konstante des Elektrons, welche durch folgende Gleichung gegeben ist:

$$C = -1,6 + \frac{3}{2} \log M \dots \dots (2)$$

(*M* Molekulargewicht des Elektrons = $\frac{1}{1840}$). Ihr Zahlenwert ist gleich -6,5.

Ist die Wärmetönung *U* des Prozesses bekannt und Druck und Temperatur gegeben, so kann man aus Gl. (1) den Ionisationsgrad *x*, also den Bruchteil der ionisierten Atome berechnen.

Die zur Abtrennung eines Elektrons notwendige Energie *u* ist durch die grundlegenden Arbeiten von *Franck* und *Hertz* und verschiedener Nachfolger für eine Reihe von Elementen unmittelbar bekannt. Wo dies nicht der Fall ist, gibt die Theorie von *Bohr* in zahlreichen Fällen die Möglichkeit, sie aus optischen Daten zu be-

⁴⁾ *J. Eggert*, Phys. Ztschr. 20, 570, 1919.

⁵⁾ *W. Nernst*, Theoretische Chemie, 8.—10. Aufl., S. 723 u. 739, 1921.

³⁾ Bekanntlich läßt sich die Schwingungszahl der Serienlinien eines Atoms darstellen als die Differenz zweier „Terme“, von denen innerhalb jeder Serie der erste konstant, der zweite in gesetzmäßiger Weise veränderlich ist. Die beiden Terme sind gleich der durch das Plancksche Wirkungsquantum *h* dividierten Energie des Elektrons auf zwei verschiedenen, quantentheoretisch unmöglichen Bahnen. Ausstrahlung erfolgt beim Übergang des Elektrons von einer Bahn höherer Energie zu einer Bahn kleinerer Energie, Absorption von Strahlung im umgekehrten Falle. Absorption der Linien einer Serie ist daher nur dann möglich, wenn das Elektron sich anfänglich auf derjenigen Quantenbahn befindet, deren Energie dem ersten, konstanten Term der Serienformel entspricht.

rechnen. Nach dieser Theorie ist nämlich diese Arbeit gleich dem Produkt $h\nu_0$ aus dem Planckschen Wirkungsquantum h und der kurzwelligen Grenzfrequenz ν_0 der Hauptserie des Elements. Aus praktischen Gründen wird statt der Energie u meist die sog. Ionisierungsspannung V angegeben, welche durch die Beziehung (3) mit u verknüpft ist:

$$u = \frac{e \cdot V}{300} \text{ erg.} \quad (3)$$

Die auf das Mol bezogene Energie U in Kalorien ergibt sich aus der in erg ausgedrückten Energie u durch die Gleichung (4):

$$U = \frac{u}{J} \cdot N \text{ cal} \quad (4)$$

(J = mechanisches Wärmeäquivalent, N = Zahl der Moleküle im Mol). Man kann also U für alle diejenigen Elemente berechnen, für die u entweder durch direkte Messung der Ionisierungsspannung oder aus der Serienformel der Hauptserie bekannt ist.

Hierzu ist zu bemerken, daß bei dieser Berechnung von U stillschweigend angenommen ist, daß das abgespaltene Elektron sich vor der Ionisation auf der innersten Quantenbahn befindet. In Wirklichkeit ist aber immer schon ein gewisser Bruchteil der Atome erregt, d. h. ihre äußeren Elektronen befinden sich zum Teil auf höheren Quantenbahnen. Für solche erregten Atome ist die Ionisierungsarbeit kleiner. Da es jedoch heute noch nicht möglich ist, eine Annahme über die statistische Verteilung der Atome auf die verschiedenen Quantenbahnen zu machen, so müssen wir uns mit der obigen Annäherung begnügen. Sie wird vermutlich den Wert des Ionisationsgrades nicht allzu erheblich fälschen, da die innerste Quantenbahn gegenüber den andern Bahnen zweifellos eine überwiegende Wahrscheinlichkeit besitzt. Ein zu hoher Wert von U führt zu einem zu kleinen Wert von x .

Wir haben nunmehr einen Überblick über das Handwerkszeug gewonnen, das uns zur Lösung der gestellten Aufgabe zur Verfügung steht, und können den Ergebnissen der Untersuchungen von *Saha* näher treten. Wir beginnen mit der Betrachtung der Verhältnisse auf der *Sonne*, deren Kenntnis im einzelnen natürlich eine viel tiefergehende ist, als wir sie von irgendeinem Fixstern besitzen. Wir wollen einige der wichtigsten, auf der Sonne beobachteten Elemente betrachten und ihr tatsächliches Verhalten mit der theoretischen Erwartung vergleichen.

Ein für den Astrophysiker besonders interessantes Element ist das *Calcium*. Es ist dies eines der am besten beobachtbaren Elemente und tritt in der Mehrzahl der Sternspektren auf. Es hat dies seinen Grund darin, daß die Hauptserie sowohl des neutralen Calciums, der die *g*-Linie des Sonnenspektrums angehört, wie die des ionisierten Calciums (*H*- und *K*-Linie) in dem zugänglichen Wellenlängenbereich liegen. Das Calcium ist also sowohl in neutralem, wie in

ionisiertem Zustande beobachtbar. U ist gleich $1,40 \cdot 10^5$ cal. Hiermit berechnet *Saha* nach Gleichung (1) die Zahlen der Tabelle I, in der der Ionisationsgrad x in Prozent in Abhängigkeit von Druck und Temperatur eingetragen ist.

I. Ionisationsgrad des Calciums (in Prozenten).

Temperatur abs.	Druck in Atmosphären						
	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
2000°	0%	0%	0%	0%	5 · 10 ⁻⁴	1,4 · 10 ⁻³	0%
2500					2 · 10 ⁻²	7 · 10 ⁻²	
3000					3 · 10 ⁻¹	1	9
4000				2,8	9	26	93
5000		2	6	20	55	90	
6000	2	8	26	64	93	99	
7000	7	23	68	91	99		
7500	11	34	75	96,5			
8000	16	46	84	98,5			
9000	29	70	95				
10000	46	85	98,5		Vollständige Ionisation		
11000	63	93					
12000	76	96,5					
13000	84	98,5					
14000	90						

Bei Barium und Strontium ist der Ionisationsgrad noch etwas höher.

Welche Voraussagen über das Calcium auf der Sonne kann man nun an die Zahlen der Tabelle I knüpfen? Die Temperatur der Sonnenoberfläche wurde bisher im allgemeinen aus strahlungstheoretischen Gründen zu 6000° bis 6500° abs. angenommen. *Saha* schließt sich jedoch einer neueren Angabe von *F. Biscoe* an, welcher die Temperatur auf 7500° schätzt. Wir wollen uns ihm, ohne kritisch Stellung zu nehmen, anschließen, da die Differenz der Temperaturen von keiner grundsätzlichen Bedeutung für das Folgende ist. Nach *K. Schwarzschild* ist die Temperatur an der äußeren Grenze der Sonnen-

atmosphäre $\frac{1}{\sqrt{2}}$ mal niedriger anzusetzen als die

der Sonnenoberfläche, also auf rund 6000°. Der Druck in der „umkehrenden Schicht“, welche der Sonnenoberfläche unmittelbar anliegt, wird von verschiedenen Autoren zwischen 10 und 1 Atmosphären geschätzt. (Diese Schätzung steht natürlich auf sehr schwachen Füßen. Sie beruht im wesentlichen auf der Betrachtung gewisser Eigentümlichkeiten von Spektrallinien — Verbreiterung, Verschiebung —, für die aber auch Einflüsse ganz anderer Art in Betracht kommen.) In den äußersten Schichten der Sonnenatmosphäre nimmt der Druck bis auf verschwindende Werte ab. Wir haben danach auf Grund der Tabelle I folgendes zu erwarten. In den tieferen Schichten der Atmosphäre ist das Calcium nur zum Teil ionisiert, bei 7500° und 1 Atmosphäre nur etwa zu einem Drittel. In den höheren Schichten, in denen zwar die Temperatur abnimmt, aber auch der Druck, wird die Ionisation bald vollständig. Es müßten also in den tieferen

Schichten der Atmosphäre außer den Linien des ionisierten Calciums auch die des neutralen Calciums auftreten, mit zunehmender Höhe aber müßten letztere mehr und mehr verschwinden, erstere aber erhalten bleiben. Das entspricht genau den beobachteten Tatsachen. Die γ -Linie des neutralen Calciums wird bis in Höhen von 5000 km beobachtet, die Linien des ionisierten Calciums aber, wie bereits erwähnt, bis zu 14 000 km. Ähnlich, nur durch die geringeren Ionisierungsarbeiten modifiziert, liegen die Verhältnisse beim Barium und Strontium mit 400 und 1000 bzw. 350 und 6000 km. Der Befund entspricht also durchaus der theoretischen Erwartung.

Den Wasserstoff können wir astrophysikalisch nur durch seine Balmerserie identifizieren, da diese allein von allen Wasserstoffserien in dem zugänglichen Wellenlängenbereich liegt. Sie ist als die Nebenserie des Wasserstoffs zu bezeichnen, da der erste konstante Term ihrer Serienformel der Quantenzahl 2 entspricht. Die Hauptserie des Wasserstoffs, die sog. Lymanserie, liegt weit im Ultravioletten. Es ist daher nach dem früher Gesagten bereits eine gewisse Anregung notwendig, damit diese Linien in Emission und Absorption erscheinen. Diese Anregung ist auf der Sonne vorhanden. Die ersten Linien der Balmerserie finden sich als Absorptionslinien im Sonnenspektrum und werden als Emissionslinien im flash-Spektrum bis in Höhen von rund 8000 km beobachtet. Man könnte vermuten, daß die Tatsache des Verschwindens des Wasserstoffs in geringeren Höhen als das Calcium seine Ursache in einer Ionisation des Wasserstoffs haben könnte. Denn durch Verlust seines einzigen Elektrons wird er als elektronenloser Kern optisch wirkungslos. Dies ist jedoch keineswegs der Fall, denn, wie Tabelle II zeigt, bedarf es zu

II. Ionisationsgrad des Wasserstoffs (in Prozenten).

Temperatur abs.	Druck in Atmosphären					
	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
	%	%	%	%	%	%
7 000°				1	4	1,5
7 500			1	3	8	12
8 000			2	5	18	26
9 000		2	6	20	55	44
10 000	2	5	18	49	86	89
11 000	4	13	39	80	97	
12 000	9	28	68	94		
13 000	16	45	84	98		
14 000	27	65	93			
15 000	40	81	97			
16 000	55	90				
17 000	69	94				
18 000	80	97	Vollständige Ionisation			
19 000	87					
20 000	92					
21 000	95					
22 000	97					
23 000						

einer merklichen Ionisation des Wasserstoffs erheblich höherer Temperaturen, als sie auf der Sonne vorkommen. Das sog. Viellinienspektrum des Wasserstoffs, das dem Wasserstoffmolekül angehört, wird auf der Sonne nicht beobachtet. Im Einklang damit läßt sich aus der Gleichung von Nernst berechnen, daß Wasserstoffmoleküle auf der Sonne praktisch völlig in ihre beiden Atome dissoziiert sein müssen.

Absorptionslinien des neutralen Heliums treten unter den Fraunhoferschen Linien nicht auf. Dagegen sind die Emissionslinien im flash-Spektrum ziemlich stark. (Auf der Beobachtung dieser Linien beruht bekanntlich die erste Entdeckung und Benennung des Heliums.) Diese Linien gehören sämtlich höheren Serien an. Die Serie des Heliums, deren konstanter Term der innersten Quantenbahn entspricht, liegt im Ultraviolett und ist daher nicht beobachtbar. Helium bedarf daher einer gewissen Anregung, um in die Erscheinung zu treten. Saha vermutet, daß das Fehlen der Heliumlinien im Fraunhoferschen Spektrum daher rührt, daß die große Dichte in der umkehrenden Schicht die Hebung einer ausreichend großen Zahl von Elektronen in höhere Quantenbahnen verhindert, während dies bei den geringeren Drucken in den höheren Schichten möglich ist. Der Ionisationsgrad des Heliums ist in Tabelle III dargestellt. Man hat danach im allgemeinen keine merkliche Ionisation des Heliums in der Sonnenatmosphäre zu erwarten. Indessen ist die dem ionisierten Helium angehörende Linie 4686 Å von Mitchell beobachtet worden. Als Ort ihrer Entstehung muß man wohl eine mittlere Schicht der Atmosphäre mit besonders günstiger Kombination von Druck und Temperatur betrachten.

Weitere Einzelheiten anzuführen, würde hier zu weit führen. Es sei nur erwähnt, daß sich auch bei den Alkalien und Magnesium gute Übereinstimmung zwischen Erfahrung und Theorie ergibt, und daß auch das besondere Verhalten der Linien des Natriums im Spektrum der Sonnenflecken seine Deutung findet.

So sehen wir, daß sich die der Theorie zugrunde liegenden Anschauungen bei der Anwendung auf die Sonne recht gut bewähren, indem das Verhalten einer Anzahl wichtiger Elemente auf der Sonne im Einklang mit dem heutigen Stande der Atomtheorie und Thermodynamik gedeutet wird.

Ein weiteres wichtiges Resultat Sahas ist die klare Erkenntnis des Grundes, weshalb wir von den fast 100 Elementen des periodischen Systems nur eine ziemlich geringe Zahl auf der Sonne beobachten bzw. zu identifizieren vermögen. Saha zeigt, daß die beobachteten Elemente unter den spektral genauer bekannten Elementen gerade diejenigen sind, welche ganz bestimmte, für ihre Beobachtung notwendige Bedingungen erfüllen. Ihre Linien liegen unter den auf der Sonne herrschenden Anregungsbedingungen in dem zugäng-

III. Ionisationsgrad des Heliums (in Prozenten).

Temperatur abs.	Druck in Atmosphären					
	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
	%	%	%	%	%	%
6 000°	5 · 10 ⁻⁶	2 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁵	2 · 10 ⁻⁴	5 · 10 ⁻⁴	5 · 10 ⁻³
7 000	1 · 10 ⁻⁴	4 · 10 ⁻⁴	1 · 10 ⁻³	4 · 10 ⁻³	1 · 10 ⁻²	1 · 10 ⁻¹
7 500	4 · 10 ⁻⁴	1 · 10 ⁻³	4 · 10 ⁻³	1 · 10 ⁻²		
8 000	1 · 10 ⁻³	4 · 10 ⁻³	1 · 10 ⁻²	4 · 10 ⁻²	1 · 10 ⁻¹	4 · 10 ⁻¹
9 000	7 · 10 ⁻³	2 · 10 ⁻²	7 · 10 ⁻²	2 · 10 ⁻¹	7 · 10 ⁻¹	7
10 000	3 · 10 ⁻²	1 · 10 ⁻¹	3 · 10 ⁻¹	1	3	31
11 000	1 · 10 ⁻¹	3 · 10 ⁻¹	1	3,4	11	72
12 000	0,3	1	3	10	28	93
13 000	0,7	2	7	22	58	
14 000	1,5	4	15	43	83	
15 000	3	10	23	68	94	
16 000	6	17	47	85		
17 000	9	28	66	94	99	
18 000	14	41	81	97		
19 000	21	57	90	99	Vollständige Ionisation	
20 000	31	71	95			
21 000	41	81	98			
22 000	53	89	99			
23 000	64	93				
24 000	73	96				
25 000	81	98				
26 000	87					
27 000	91					
30 000	93					

lichen optischen Bereich, und, falls sie ionisiert sind, wie das Calcium, sind uns ihre Funkenspektren aus Laboratoriumversuchen bekannt. Die Mehrzahl der übrigen, nicht beobachteten Elemente emittiert oder absorbiert, soweit wir überhaupt genauere Kenntnis ihrer Spektren haben, unter den Anregungsbedingungen der Sonne keine der astrophysikalischen Beobachtung zugängliche Strahlung, oder sie sind ionisiert und besitzen Funkenspektren, die zwar beobachtbar sein können, aber aus Laboratoriumversuchen noch nicht bekannt sind, so daß eine Identifikation unmöglich ist. Zahlreiche der noch nicht identifizierten Fraunhoferschen Linien dürften Elementen der letzteren Art angehören. Mit der so gewonnenen Erkenntnis fällt jedes Bedenken fort gegen die Annahme, daß die Zusammensetzung der Sonne im wesentlichen die gleiche sei wie die der Erde.

Durch die bei der Sonne erzielten Resultate ermutigt, gehen wir nunmehr zur Anwendung der Theorie auf die übrige Fixsternwelt über. Zunächst seien einige erläuternde Worte über die Einteilung der Sterne in Klassen vorangeschickt. Die erste Einteilung der Sterne in „Typen“ geschah ziemlich roh nach der Farbe (Secchi und andere). Die verfeinerte Untersuchung, insbesondere die fortschreitende Kenntnis der spektralen Eigentümlichkeiten der Sterne, zeigte bald das Ungenügende dieser primitiven Einteilung. Man schritt zur Einteilung der Sterne in „Sternklassen“, für welche sich die Buchstaben P, O,

B, A, F, G, K, M, N, R eingebürgert haben, und im weiteren Verlauf erwies sich sogar eine weitere Unterteilung dieser Klassen, die durch Zusatz

IV. Die Sternklassen und ihre Temperaturen.

Sternklasse	Typischer Stern	Secchis Klassifikation	Temperatur abs.	
			Wilsing und Scheiner	Saha
Pb	Großer Orion-Nebel	—	In Grad 15 000	
Pc	I. C., 4997	—	30 000	—
Oa	B. D. + 35°, 4013	Type V. einschließl. Wolf-Rayet-Sterne	23 000	23 000–24 000°
Ob	B. D. + 35°, 4001		—	22 000
Od	ζ Puppis			
Oe	29 Canis Majoris			
Oe5	τ Canis Majoris.			
Bo	ε Orionis	—	20 000	18 000
B5A	α Tauri	Type I. Helium- u. Wasserstoffsterne	14 000	14 000
Ao	α Canis Majoris.		11 000	12 000
A5F	β Trianguli		9 000	
Fo	α Carinae	Type II. gelbrote Sterne	7 500	9 000
F5A	α Canis Minoris		6 000	
Go	α Aurigae		5 000	7 000
G5K	α Reticuli		4 500	
Ko	α Bootis	Type III. rote Sterne	4 200	
K5M	α Tauri		3 200	
Ma	α Orionis		3 100	5 000
Md	o Ceti		2 950	4 000
N	—	Type IV		
R	—		2 300	

eines weiteren Zeichens gekennzeichnet wird, als erforderlich. Rund 99 % aller genauer bekannten Sterne fallen in die Klassen B, A, F, G, K, M. Die ersten wichtigen Untersuchungen in dieser Richtung verdanken wir *Lockyer*. Später hat besonders *Pickering* die Klassifikation der Sterne in größtöglichstem Maße aufgenommen. Unter seiner Leitung sind allein über 200 000 Sternspektren aufgenommen und klassifiziert worden, so daß bereits ein außerordentlich großes Beobachtungsmaterial vorliegt.

Auch die Unterklassen bilden keine voneinander scharf getrennten Gruppen, sondern es sind alle denkbaren Übergänge zwischen ihnen vorhanden. Die Gesamtheit der Sterne bildet ein lückenloses Kontinuum, und nur verschwindend wenige Sterne fallen infolge besonderer Eigentümlichkeiten aus dem Schema mehr oder weniger heraus. Diese Tatsache führt zu dem Schluß, daß das *räumliche Nebeneinander* der verschiedenen Sternklassen als ein getreues Abbild des *zeitlichen Nacheinander*, das heißt der allmählichen Entwicklung des einzelnen Sterns, zu betrachten ist (ebenso wie die Gesamtheit der gleichzeitig

nebeneinander lebenden Menschen aller Altersstufen ein Bild der zeitlichen Entwicklung des einzelnen Menschen gibt). Und zwar geht die Reihenfolge der Entwicklungsstufen bei M beginnend, über K, G usw. bis B oder O (aufsteigender Ast) und dann in umgekehrter Reihenfolge wieder zurück bis M (absteigender Ast). Dabei sind die Sterne der gleichen Klasse im aufsteigenden Ast Riesensterne, im absteigenden Ast Zwergsterne. (Die Stellung der P-Sterne [gasförmige Nebel] und der R- und N-Sterne in der Entwicklungsreihe ist noch sehr zweifelhaft.) Diese entspricht der Vorstellung einer allmählichen Zusammenziehung der Sternmaterie und einem damit verbundenen ersten schnellen Anstieg zu sehr hoher Temperatur mit nachfolgender allmählicher Abkühlung durch Ausstrahlung. Doch scheint es, als werde der Abkühlungsprozeß durch Entwicklung von Energie im Innern der Sterne, möglicherweise durch radioaktive Prozesse, außerordentlich verlangsamt. Tabelle IV gibt eine Übersicht über die einzelnen Sternklassen und ihre Temperaturen.

Wie bereits gesagt, besteht der typische Unter-

V. Die Intensität einiger besonders wichtiger Spektrallinien in den verschiedenen Klassen (Maßstab willkürlich).⁶⁾

Element	Helium		Parhe	He+	He+	He+	H	Ca	Ca+	Mg+
Linie	4471	4713	4388	4686	4542	4860	4860	4227 (g)	3934 (K)	4481
Seriendarstellung ...	2p-4d	2p-4s	2p-5d	3d-4f	4f-9k	4f-8k	2p-4d	1S-2P	1s-2p	3d-4f

Sternklasse										
Pe	—	—	—	⊕	⊕					
Pf	—	—	—	⊕	⊕	⊕				
Oa	0	—	—	⊕	⊕	⊕				
Ob	0	—	—	100	12	10	0			
Oc	1	—	—	40	3	3	0	—	—	schwach
Od	1	—	—	20	10	20	10	—	2	schwach
Oe	15	2	3	8	5	25	10	—	2	1
Oe5	15	4	5	5	4	25	20	—	5	1
Bo	15	5	6	2	2	25	25	—	3	2
B2	22	6	10	1	0	35	35	—	4	3
B3	22	6	10	0	0	40	40	—	4	4
B5	10	3	7	—	—	—	60	—	8	7
B8	5	1	3	—	—	—	80	schwach	⊕	7 (?)
B9	4	0	1	—	—	—	90	schwach	⊕	7
Ao	0	—	0	—	—	—	100	2	10	10
A2	—	—	—	—	—	—	100	4	40	15
A3	—	—	—	—	—	—	90	⊕	70	⊕
A5	—	—	—	—	—	—	70	⊕	80	⊕
Fo	—	—	—	—	—	—	50	⊕	120	⊕
F5	—	—	—	—	—	—	40	15	150 (?)	schwach
Go	—	—	—	—	—	—	20	20	200	schwach
G5	—	—	—	—	—	—	15	⊕	200 (?)	0
Ko	—	—	—	—	—	—	10	60	150 (?)	0
K5	—	—	—	—	—	—	5	⊕	⊕	
Ma	—	—	—	—	—	—	2	⊕	⊕	
Mb	—	—	—	—	—	—	—	100	schwach	
Mc	—	—	—	—	—	—	0	stark	schwach	
Md	—	—	—	—	—	—	—	stark	0	

6) Das Zeichen ⊕ bedeutet, daß keine Intensitätsangabe vorliegt.

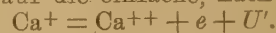
schied der einzelnen Sternklassen in gewissen Eigentümlichkeiten ihrer Spektren. In Tabelle V ist die relative Intensität einiger besonders wichtiger Spektrallinien in den verschiedenen Klassen dargestellt.

Bei allen in der Tabelle angeführten Linien, mit Ausnahme derjenigen des neutralen Calciums, erkennt man den gleichen Verlauf: einen allmählichen Anstieg der Intensität mit steigender Temperatur bis zu einem Maximum und einen darauf folgenden Abfall. (Dieser Verlauf ist bei der Linie 4860 Å des He^+ verwischt durch die Überlagerung der gleichen Linie des Wasserstoffs.)

Von diesem Verhalten gibt, soweit es sich um Linien neutraler Atome handelt, die bisher entwickelte Theorie ohne weiteres Rechenschaft. Bei den Linien des Wasserstoffs und Heliums (einschließlich Parhelium) handelt es sich um die allein beobachtbaren Linien höherer Serien, deren Auftreten an ein bestimmtes Mindestmaß der Erregung gebunden ist, die also, um in beobachtbarer Stärke aufzutreten, einer bestimmten Mindesttemperatur bedürfen, die für die verschiedenen Elemente weitgehend verschieden ist. So sehen wir die Linie 4471 Å des Heliums bei der Ao-Klasse, die Linie 4860 Å des Wasserstoffs bereits bei der Mc-Klasse auftreten. Dagegen erscheint die g -Linie des Calciums bereits bei den tiefsten, in der Tabelle vorkommenden Temperaturen (Md-Klasse mit etwa 3000°). Diese Linie gehört, wie bereits oben erwähnt, der Hauptserie des neutralen Calciums an. Sie bedarf daher, um als Absorptionslinie aufzutreten, keiner Anregung, muß also bereits bei tiefen Temperaturen auftreten, wenn diese nur ausreichen, um den nötigen Dampfdruck des Calciums zu erzeugen. Der Abfall der Intensität der Linien neutraler Elemente findet seine Erklärung, ebenso wie auf der Sonne, in der bei ausreichend hohen Temperaturen einsetzenden Ionisation. Besonders deutlich findet sich dieses beim Helium und beim Calcium bestätigt, wo der Intensitätsabfall der Linien des neutralen Elements von einem Intensitätsanstieg

der Linien des ionisierten Elements begleitet wird.

Wie erklärt es sich nun, daß auch die Linien der ionisierten Elemente (Ca^+ und Mg^+) bei höherer Temperatur wieder verschwinden? Es liegt auf der Hand, die Erklärung in Analogie zum Verschwinden der Linien der neutralen Elemente zu suchen, nämlich durch Annahme eines nochmaligen Wechsels des Spektrums infolge Abspaltung eines weiteren Elektrons vom Atom, also zweifacher Ionisation. Die Spektren zweifach ionisierter Elemente sind noch gänzlich unbekannt. Es ist sicher, daß sie durchweg im astrophysikalisch unzugänglichen Ultraviolett liegen, ihr direkter spektroskopischer Nachweis ist daher ausgeschlossen. Jedoch erlaubt die Theorie in einigen Fällen eine quantitative Prüfung der Annahme zweifacher Ionisation. Die Gleichung (1) läßt sich auf die zweifache Ionisation ebenso anwenden wie auf die einfache, nach dem Schema:



(Gleichung (1) gilt hier in der obigen Form nur unter der auf den Sternen sicher weitgehend erfüllten Annahme, daß die zweite Ionisation erst dann einsetzt, wenn die erste bereits völlig beendet ist. Andernfalls wird sie etwas komplizierter.) Kennen wir die Wärmetönung U' der zweiten Ionisation, so können wir die Berechnung des Ionisationsgrades wieder wie früher durchführen. Nun können wir U' aus der Grenzfrequenz der Hauptserie der ionisierten Elemente (ihres Funkenspektrums) berechnen, wenn diese bekannt ist. Das ist z. B. beim Helium und beim Calcium der Fall. In der Tabelle VI ist der Grad der 1. und 2. Ionisation verschiedener Elemente in Abhängigkeit von der Temperatur in Prozent wiedergegeben, und zwar bezieht sich die erste Zahl in jeder Zeile auf einen Druck von 1 Atmosphäre, die zweite auf einen Druck von 0,1 Atmosphären. Man sieht, daß z. B. Ca bei 14 000°, Ca^+ bei 21 000° vollständig ionisiert ist. Die erstere Temperatur entspricht nach Tabelle IV der B 5-Klasse, die letztere etwa der Od-Klasse, und ge-

VI. Zweite Ionisation verschiedener Elemente (in Prozenten).

Temperatur, abs.	Mg	Mg ⁺	Ca	Ca ⁺	Sr	Sr ⁺	Ba	Ba ⁺
	%	%	%	%	%	%	%	%
10 000°	56—90	—	85—99	8—26	90—100	14—40	94—100	23—56
11 000	75—96	—	93	18—44	95	26—64	—	40—78
12 000	86—98	—	97	31—70	98	49—89	—	59—91
13 000	93—99	10—35	99	47—86	—	61—92	—	75—96
14 000	96	21—54	—	64—93	—	76—96	—	86
15 000	98	32—72	—	81—97	—	88	—	92
16 000	99	46—85	—	87	—	92	—	96
17 000	—	61—92	—	92	—	96	—	98
18 000	—	74—96	—	95	—	98	—	—
19 000	—	83—98	—	99	—	—	—	—
20 000	—	89—99	—	99	—	—	—	—
21 000	—	93	—	—	—	—	—	—
22 000	—	96	—	—	—	—	—	—
23 000	—	98	—	—	—	—	—	—

rade dies sind die Klassen, bei denen nach Tabelle V die Linien des Ca bzw. des Ca⁺ verschwinden. Die Übereinstimmung ist also die denkbar beste.

Das neutrale Helium verschwindet bei der Oa-Klasse mit einer Temperatur von 23 000°. Nach Tabelle III tritt bei dieser Temperatur völlige Ionisation bei einem Druck von etwa 1/100 Atmosphären ein, ein Wert, der bei der Unsicherheit unserer Kenntnis der Drucke in den Sternatmosphären wohl denkbar ist. Tabelle VII enthält die Berechnung der zweiten Ionisationsstufe des Heliums. Die Beobachtung zeigt, daß die Linien des ionisierten Heliums bei den Sternen der Pc-Klasse verschwinden (*T* = 30 000°). Hiernach muß man dem Helium in diesen Sternen einen Druck von 10⁻⁵ bis 10⁻⁶ Atmosphären zuschreiben, was mit unserer Vorstellung von der geringen Dichte dieser Nebelsterne wohl vereinbar ist.

VII. Zweite Ionisation des Heliums (in Prozenten).

Temperatur abs.	Druck in Atmosphären			
	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
	%	%	%	%
24,000°	—	10	24	60
25,000	—	14	39	78
26,000	—	23	57	90
27,000	10	33	72	93
28,000	17	47	86	98
29,000	26	63	95	vollständig
30,000	35	77	97	ionisiert

Beim Wasserstoff kann, da sein Atom nur ein Elektron besitzt, nur eine Ionisationsstufe auftreten. Nach Tabelle II sollte der Wasserstoff spätestens bei einer Temperatur von 22 000° aus den Sternspektren verschwunden sein. Dies ist jedoch nicht mit Sicherheit der Fall, vielmehr werden die Balmerlinien noch in der Pa-Klasse beobachtet, deren Temperatur sehr unsicher, ver-

mutlich aber höher ist. Hierfür steht die Erklärung noch aus.

Zum Schluß seien in Tabelle VIII die wichtigsten spektralen Veränderungen in der Reihe der Sternklassen und die daraus von Saha berechneten Temperaturen übersichtlich zusammen- gestellt. Auch in Tabelle IV sind diese Temperaturen neben die von Wilsing und Scheiner auf Grund des Strahlungsgesetzes ermittelten Temperaturen gesetzt. Die Übereinstimmung kann, mit Ausnahme der kältesten Sterne, als eine recht gute bezeichnet werden.

Es hieße jedoch die Bedeutung dieser Untersuchungen im falschen Lichte zeigen, wollte man der mehr oder weniger guten quantitativen Übereinstimmung berechneter und beobachteter Daten ein allzu großes Gewicht beilegen. Wir haben es hier mit einer ausgesprochenen Pionierarbeit in jungfräulichem Gelände zu tun, und danach ist der Maßstab und die Art der Beurteilung zu wählen. Die unserer Kenntnis am weitesten ent- rückte Größe in den vorstehenden Berechnungen ist der Druck, der in Gleichung (1) eingeht. Seine Größenordnung kann nur ganz ungefähr geschätzt werden. Man muß es schon als außer- ordentlich wertvoll bezeichnen, daß man zu quan- titativ befriedigenden Resultaten kommt bei An- nahme von Drucken, welche von vernünftiger Größenordnung sind. Völlige quantitative Über- einstimmung kann man ferner wegen einer bisher noch nicht berührten unvermeidlichen Vernach- lässigung nicht erwarten. Die Berechnung des Ionisationsgrades erfolgt nämlich so, als sei das betrachtete Element allein vorhanden. Es wird aber das Gleichgewicht durch die gleichzeitige An- wesenheit anderer ionisierter Elemente und der von ihnen abgespaltenen freien Elektronen zwei- fellos verschoben. Diese Einflüsse in Rechnung zu setzen, ist aber natürlich völlig unmöglich.

VIII. Die wichtigsten spektralen Veränderungen in der Reihe der Sternklassen und die daraus von Saha berechneten Temperaturen.

Phänomen	Stern- klasse	Temperatur abs.	Bemerkungen
Auftreten der K-Linie	Me	4 000°	Beginn der Ionisation des Ca.
Verschwinden der g-Linie	B8A	13 000	Ca völlig ionisiert.
Auftreten der Linie 4481 Å	Go	7 000	Mg beträchtlich ionisiert.
Verschwinden der K-Linie	Oc	20 000	Vollständige 2. Ionisation des Ca.
Verschwinden der Linie 4481 Å	Oa	23 000	Vollständige 2. Ionisation des Mg.
Auftreten der Linie 4686 Å	B2A	17 000	Helium beträchtlich ionisiert.
Verschwinden der Linie 4471 Å	Oa	23 000	Helium völlig ionisiert.
Auftreten der Balmerlinien	Mb	4 500	Wasserstoff beträchtlich erregt.
Auftreten der Heliumlinien	Ao	12 000	Helium beträchtlich erregt.
Maximale Absorption der Balmerlinien ...	Ao	12 000	Maximale Konzentration der zweiquantigen Bahnen des H.
Maximale Absorption der Heliumlinien ...	B2A	17 000	Maximale Konzentration der zweiquantigen Bahnen des He.
Verschwinden der Linie 4295 Å	B8A	14 000	Vollständige 2. Ionisation des Sr.
Verschwinden der Balmer-Linien	Ob	22 000	Wasserstoff vollständig ionisiert.
Verschwinden der Linie 4686 Å	Pe	25 000 bis 30 000	Helium vollständig ionisiert.

Die Bedeutung der Untersuchungen liegt darin, daß sie uns den Weg zum Verständnis der spektralen Eigentümlichkeiten der Sonne und der Fixsterne öffnet. Sie lehrt uns verstehen, weshalb im Spektrum der Sonne nur bestimmte Elemente erscheinen, andere fehlen, weshalb das Auftreten bestimmter Elemente in den Fixsternspektren an bestimmte Grenzen der Temperatur gebunden ist. Sie bringt, kurz gesagt, physikalische Ordnung in das scheinbar so komplizierte Gebiet der Sternspektren.

Dem Physiker aber zeigen diese Untersuchungen, daß die Gesetze, wie sie bei den verhältnismäßig tiefen, im Laboratorium herstellbaren Temperaturen erschlossen werden, ihre Gültigkeit auch bei den hohen Temperaturen der Fixsterne nicht zu verlieren scheinen, sondern sich auch unter sehr veränderten Bedingungen als verlässliche Wegweiser bewähren. Diese Erkenntnis muß die Physik veranlassen, sich noch weit mehr, als es bisher geschehen ist, des reichen Beobachtungsmaterials der Astrophysik zu bedienen und die fast unbegrenzten Möglichkeiten der Sternenwelt für ihre Forschungszwecke nutzbar zu machen. Die Experimente von gigantischem Ausmaß, die die Natur uns im Weltenraum ständig und ungebeten vorführt, haben dem aufmerksamen Beobachter ohne Zweifel eine Fülle neuer physikalischer Erkenntnis zu enthüllen.

Die Tatsache, daß wir nicht mehr gezwungen sind, anzunehmen, daß sich auf den Sternen früherer Entwicklungsstufen eine große Zahl von irdischen Elementen nicht vorfindet, ist für die Physik außerordentlich beruhigend. Bislang herrschte vielfach die Ansicht, daß mit der Entwicklung eines Sternes auch eine Entwicklung der auf ihm befindlichen Materie einhergehe. Nun aber zeigt die moderne Thermodynamik, insbesondere die Untersuchungen von W. Nernst⁷⁾, daß die höchsten, im Innern der Sterne auftretenden Temperaturen nicht ausreichen, die Atomkerne zu beeinflussen, also Umwandlungen der Elemente hervorzurufen. Es ist daher sehr befriedigend, daß heute auch der astrophysikalische Befund nicht mehr zu einer solchen Annahme zwingt.

So dürfen wir die Arbeiten von Saha als einen erheblichen Fortschritt im Zusammenarbeiten von Physik und Astrophysik lebhaft begrüßen. Sie führen uns auf das deutlichste vor Augen, wie notwendig ein solches Zusammenarbeiten ist, bei dem beide Teile in gleicher Weise Gebende und Empfangende sind. Auf denjenigen aber, der der Physik ferner steht, wird es nicht ohne Eindruck bleiben, wie der tiefe Einblick in die Gesetze des Atombaus, den wir N. Bohr verdanken, uns die Augen geöffnet hat für die Beschaffenheit der Himmelskörper in den unendlichen Fernen des Weltenraums.

⁷⁾ W. Nernst, Theoretische Chemie, 8.—10. Aufl., S. 482, 1921; J. Eggert, Phys. Ztschr. 20, 570, 1919.

Die programmatische Bedeutung einer neuen Anatomie des Menschen.

Von C. Elze, Gießen.

Bis ins späte Mittelalter hinein hat die natürlich Scheu vor den Toten, daher auch die Vorschrift der Religionen, die Leichenöffnung nicht gestattet — Vivisektionen an narkotisierten Verbrechern sind dagegen im 4. Jahrhundert v. Chr. von den alexandrinischen Ärzten und Anatomen Herophilus und Erisistratus mehrfach ausgeführt worden. Erst vom 14. Jahrhundert an werden ganz vereinzelt, und nur mit besonderer Genehmigung der Päpste, Sektionen menschlicher Leichen erlaubt. Vielleicht hatten die Kreuzfahrer dem vorgearbeitet, welche die Gebeine ihrer großen Toten durch Kochen von den sie umgebenden Geweben befreiten, da sie nicht den ganzen Leichnam vor Verwesung schützen und in die Heimat zurückbringen konnten. Erst das Zeitalter der Renaissance und besonders das der Reformation gibt häufiger Leichen, natürlich nur von schändlichen Verbrechern, zu Sektionen frei. Mit Ungestüm und wahrem Feuereifer stürzt sich die Begier, den Bau des menschlichen Körpers zu erforschen, auf diese Gelegenheiten, eine Begier, lange Zeit so groß, daß sie selbst nächtliche Graberschändung durch gedungene Knechte nicht scheut!

1543 erscheint das große Werk von Andreas Vesalius aus Brüssel, zum ersten Male durchaus auf eigene Anschauung von Präparaten an menschlichen Leichen gegründet und mit prachtvollen, lange Zeit hindurch Tizian zugeschriebenen Holzschnitten versehen, durch beides fortwirkend bis in unsere Zeit. Durch zwei Jahrhunderte werden außer dem Text besonders die Skelett- und Muskeltafeln immer wieder für anatomische Werke kopiert oder dienen als Muster und Anregung zu neuen Darstellungen, die ihre höchste Vollendung zur Zeit des Barock finden in J. Vandelaar's herrlichen Kupfern zu Albins Tabulae sceleti et musculorum. Und manches Bild des „Freund Hein“ noch aus den letzten Dezennien des vergangenen Jahrhunderts geht ganz unverkennbar auf Vesal zurück.

Viel größer aber ist die Bedeutung für die Anatomie selbst. Bis dahin wird rein buchmäßig als unfehlbar gelehrt die nur auf Tiersektionen beruhende Anatomie des großen pergamenischen Arztes Claudius Galenus, gewöhnlich tradiert in der Fassung des Canon medicinae des genialen aber schließlich verlotterten Arabers Avicenna. Erst in den letzten Jahrzehnten vor Vesal ist die Demonstration an der Leiche dazugekommen, die aber nichts aufzeigen darf, was etwa Galen widerspräche. Mit der Axt der unvoreingenommenen Beobachtung dringt Vesal auf das Gebäude der galenischen Anatomie ein und legt mit kühnem Schwunge große Teile für alle Zeiten in Trümmer: es schlägt die Geburtsstunde der wissen-

schaftlichen Anatomie, zugleich aller biologischen Wissenschaft und Medizin überhaupt.

Noch von den Zeitgenossen *Vesals* wird die Anatomie des Menschen in den Grundzügen festgelegt, in den beiden folgenden Jahrhunderten bis in die feinsten Einzelheiten durchgeführt und 1798 von *Samuel Thomas Sömmerring* in seinem großen Lehrbuche in einer Form kodifiziert, die sich im wesentlichen unverändert bis auf heute erhalten hat. Alle späteren Hand- und Lehrbücher der Anatomie führen nur noch eine kleine Strecke vorwärts, vielfach sogar rückwärts. Nur zwei ragen deutlich hervor: das des Wiener *Joseph Hyrtl* durch den Schwung der anekdoten- gespickten Darstellung und das des Heidelbergers *Carl Gegenbaur* durch den großen Gesichtspunkt der vergleichenden Anatomie.

Sömmerring hielt es für richtig, auf eigene bildliche Darstellung von Präparaten in seinem Werke ganz zu verzichten. Die Wiener Lehrbücher folgten ihm darin bis in die jüngste Zeit. Die übrigen erhielten wieder Abbildungen auf dem Umwege über England, woran noch manches in dem augenblicklich gangbarsten Lehrbuch von *Rauber-Kopsch* erinnert, das ursprünglich einmal eine Übersetzung von *Quains* Textbook gewesen war.

Im Laufe der Zeit war aus dem großzügigen Kampfrufe *Vesals* wider den blinden Glauben an die Autorität *Galens* ein behagliches Beschreiben aller Einzelheiten geworden: deskriptive, systematische Anatomie. Durch zwei Torinschriften läßt sich der Wandel charakterisieren: durch die jugendlich begeisterte „*Hic mors gaudet succurrere vitae*“ und die etwas ältlich lahme „*Mortui vivos docent*“. Und als gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts so ziemlich alles wohl- bekannt und geordnet war, verfiel man auf die Beschreibung der Varietäten, am emsigsten gesammelt von der Varietätenbiene *Wenzel Gruber*, weiland kaiserlich russischem Staatsrat, der nur noch etwas verstaubt fortlebt in einer dem Wiener Anatomischen Museum vermachten Sammlung menschlicher Schädel.

Der praktischen Medizin hatten Bahnbrecher, wie *Vesal*, der Befreier von der Autorität *Galens*, und *Harvey*, der Entdecker des Blutkreislaufs, gefehlt. Erst 300 Jahre nach *Vesal* hatte sie sich allmählich aus den Banden der aus dem Altertum überkommenen Gedankengänge herausgewunden. Die Chirurgie, jahrhundertlang in den Händen der Bader — wie *Schillers* Vater einer war —, wurde wieder von den Ärzten selbst ausgeübt. Es kam der Wunsch, sich für die Praxis an der Leiche zu unterrichten, und daraus ging die Beschreibung der anatomischen Verhältnisse praktisch wichtiger Körpergegenden hervor. Diese „topographische“ Anatomie wurde zum ersten und letzten Male in klassischer Form von *Hyrtl* in dem ihm eigenen glänzenden Stile dargestellt. Später ging der ursprüngliche innige Zusammenhang mit der Praxis, wenigstens in Deutschland,

mehr und mehr verloren, die Anatomen zogen ein Netz von Linien über den Körper, das ihn in einzelne Regionen einteilte. Die jetzt gebräuch- lichen Lehrbücher der topographischen Anatomie beschreiben die gegenseitige Lage der Inhalts- gebilde dieser Regionen, die ihre Bedeutung für die inzwischen riesenhaft fortgeschrittene Praxis ver- loren, wenn sie sie überhaupt je gehabt haben. Schon 1876 hatte ja der Gründer der Wiener Chi- rurgenschule, *Theodor Billroth*, gestanden, daß er dieser Methode der anatomischen Darstellung nie ein besonderes wissenschaftliches Interesse hätte abgewinnen können.

In den vier Jahrhunderten ihrer Geschichte ist die Lehrbuchanatomie in zunehmendem Maße einem grundsätzlichen Fehler verfallen: sie hat das Hilfsmittel für den Gegenstand der For- schung genommen, die Leiche für den Menschen. Die Lehrbücher lehren Anatomie der Leiche, nicht des Menschen!

Auf den gleichen Irrweg reiner Feststellung und Beschreibung von Tatsachen als Selbstzweck wie die Lehrbuchanatomie sind auch in den Lehrbüchern ihre sehr viel jüngeren selbstän- digen Teilgebiete, die deskriptive Embryologie und Histologie geraten. Und wenn ich im Vor- stehenden absichtlich etwas kraß, obgleich ohne Übertreibung, geschildert habe, so ist es ge- schehen, um recht eindringlich zu zeigen, daß die im Kampfe um eine neue medizinische Prüfungs- ordnung gegen die Anatomie erhobenen Vorwürfe, wenigstens soweit sie sich gegen die Lehrbuch- und Kathederanatomie richten, nur zu berech- tigt sind. Denn leider läßt sich deren jetziger Stand nicht besser charakterisieren als durch die Worte Fausts:

Statt der lebendigen Natur,
Da Gott die Menschen schuf hinein,
Umgibt in Staub und Moder nur
Dich Tiergeripp und Totenbein.

Aber es wäre falsch, zu verallgemeinern. Zwar die Lehrbuch- und Kathederanatomie und ein großer Teil der Anatomiearbeiten ging, besonders seit der Trennung von Anatomie und Physiologie durch Teilung der Lehrstühle, den Irrweg in die Sackgasse bloßer Quellenforschung, nicht aber jegliche anatomische Arbeit überhaupt. Groß ist die Zahl der im strengsten Sinne wissenschaft- lichen Arbeiten in den letzten achtzig Jahren, und viele sind darunter, die noch manche Gene- ration überdauern werden.

Auch der Weg zur einheitlichen biologischen Darstellung des Gesamtgebietes war bereitet, nur wurde er noch nicht beschritten. Jetzt ist es ge- schehen in dem jüngst erschienenen Lehrbuche von *Hermann Braus*¹⁾.

¹⁾ Anatomie des Menschen. Ein Lehrbuch für Stu- dierende und Ärzte. In 3 Bänden. Von *Hermann Braus*, o. ö. Professor an der Universität, Direktor der Anatomie Heidelberg. 1. Band. Bewegungs- apparat. Mit 400 zum großen Teil farbigen Abbildun- gen. Verlag von Julius Springer in Berlin. In Ganz- leinen gebunden Preis M. 96,—.

Dieses Buch ist etwas in der Geschichte des anatomischen Lehrbuches noch nicht Dagewesenes. Trieb das frühere Anatomie der Leiche, so dieses Anatomie des lebenden Menschen. Ging das frühere aus von dem Endprodukt der Zergliederung, dem toten Knochen oder Muskel, so dieses von dem lebendigen Ganzen. Hier ist die Leiche nicht Gegenstand der Forschung, sondern nur Hilfsmittel, ein Hilfsmittel neben vielen anderen. Der menschliche Körper wird nicht vom Gesichtspunkt der Materialien (Knochen, Muskeln) dargestellt, sondern von dem der Dynamik, Kinematik, nicht des Zusammenliegens, sondern des Zusammenwirkens der Teile. Es ist nicht Baubeschreibung, sondern Konstruktionsentwicklung, oder — um einen Vergleich zu brauchen — nicht Quellensammlung zur Geschichte, sondern Geschichte selbst. Es ist nicht „Stoffbuch“, sondern „Kunstbuch“ im Sinne *Fichtes*.

Wohl war in vielen Arbeiten der letzten Jahrzehnte für den einen und anderen Einzelteil des Körpers dieser Gesichtspunkt schon zur Anwendung gekommen, aber die Durchführung für das Ganze des Körpers, für das Gesamtobjekt der Anatomie, ist hier zum ersten Male geschehen. Zum ersten Male sind auch alle Hilfsquellen biologischer Forschung herangezogen: außer dem anatomischen Präparate (deskriptive und topographische Anatomie) und der Beobachtung des Lebenden in Ruhe und Bewegung (Anatomie am Lebenden) die Röntgenuntersuchung, die Prüfung der Muskeln mit dem elektrischen Strom, Statik und Dynamik der Gewebe, vergleichende Anatomie, deskriptive, vergleichende und experimentelle Entwicklungsgeschichte, Entwicklungsmechanik, Pathologie, Psychologie, bildende Kunst. Kurz, was überhaupt herbeigeht werden kann, um ein möglichst plastisches Bild der körperlichen Gesamterscheinung Mensch vor das Auge des Lesers hinstellen und sie so durchsichtig zu machen, daß er das Zusammenwirken der einzelnen Teile zu Form und Bewegung der Gesamterscheinung erkennt, das alles ist hier zu einem großen einheitlichen Ganzen vereinigt.

Das neue Ziel fordert neue Wege. Und so geschieht das wiederum völlig Neue, daß in der Einteilung des Stoffes mit der jahrhundertealten Tradition der systematischen Anatomie gebrochen wird.

Insofern kann und will das Buch gar nicht mit den bisherigen auf eine Stufe gestellt werden. Die Lehrbücher der systematischen Anatomie sind ganz ausgesprochen Stoffbücher der Leichenanatomie, bis ins kleinste ordnend und beschreibend, die älteren besser und vollkommener als die neueren, das letzte große Beispiel dafür das Handbuch von *Henle*. Dessen wie auch anderer Hinweise auf die Physiologie bedingen keine Wesensgleichheit mit dem Buche von *Braus*.

Physiologen könnten einwenden, daß der Gegenstand ihrer Forschung ja schon immer der lebende Mensch gewesen sei, gerade der lebende

Mensch im Gegensatz zur Forschung der Anatomen. Wäre dieser Einwand richtig, so wäre es überflüssig gewesen, dieses Buch zu schreiben. Er zeigt nur, daß Anatomie und Physiologie noch heute zusammengehören wie zu *Johannes Müllers* Zeit, und daß es wider ihre Natur verstieß, sie zu trennen. Bau und Funktion des Körpers sind biologisch eine Einheit. Die alten griechischen Ärzte hatten dafür den einheitlichen Begriff der *φύσις*, der jetzt in dem Buche von *Braus* seine Auferstehung feiert und zugleich seine erste wirkliche Durchführung findet.

Diese Eigenart des Buches bringt es mit sich, daß es nicht ganz elementar sein kann, daß es ein gewisses Maß von Vorkenntnissen der systematischen Anatomie voraussetzen muß. Solche Vorkenntnisse zu erwerben bleibt dem Studierenden durch Hören der Vorlesungen und vor allen Dingen durch eigene praktische Arbeit und eigene Anschauung in den Sezierungsbüchern vorbehalten. In dem Buche selbst ist der rein systematische Wissensstoff nur in Form kurzer tabellarischer Zusammenstellungen enthalten.

Die anatomische Methode der Zergliederung ist eine analytische. Im Wesen der anschließenden Synthese liegt es, daß sie neue intensive Arbeit erfordert. Die bisherigen Lehrbücher begnügten sich damit, die analytischen Ergebnisse der Zergliederung niederzulegen, und ersparten dem Leser die geistige Mitarbeit bei der Synthese, die das *Braus'sche* Buch fordert. Sie vermittelten eine Fülle von systematischen Einzelkenntnissen, ohne dem Leser ein einheitliches Gesamtbild zu geben. Daß dieses möglich, wenn auch schwierig ist, zeigt das *Braus'sche* Buch. Es bedeutet einen außerordentlichen Gewinn, nicht bloß im Hinblick auf die Ausbildung der Studierenden und Ärzte, sondern auch in methodischer Hinsicht für die Wissenschaft.

Noch muß freilich das Werk erst fertig werden, und es wird sich zeigen müssen, ob am Schlusse jenes lebendige Gesamtbild des ganzen Menschenleibes vor uns steht, das doch im vorliegenden ersten Bande nur für den Bewegungsapparat durchgeführt ist. Außer dem Verfasser selbst wird ein Zweiter auch ferner mitwirken müssen: *August Vierling*, der Zeichner, welcher mit tiefstem Verständnis für die Formprobleme und mit meisterlicher Hand den Gedankengängen des Verfassers folgend Abbildungen für das Buch geschaffen hat, die in höchster technischer Vollendung sich dem Geiste des Werkes einfügen zu einem völlig harmonischen Ganzen.

Die wissenschaftliche Bedeutung des vorliegenden Bandes liegt außer in der Art der Darstellung darin, daß die Durcharbeitung des Stoffes unter dem neuen Gesichtspunkte eine große Zahl von neuen Kenntnissen gebracht hat, welche zum ersten Male in diesem Buche mitgeteilt werden. In praktischer Beziehung bringt es in positivem Sinne die Lösung des Problems der Behandlung der Anatomie, welches

in seinem vollen Umfange nicht erfaßt, bei der Frage der Neuregelung des medizinischen Studiums bisher nur in negativem Sinne erledigt worden ist. In Verkenennung seiner wahren Natur hat man Einschränkung des anatomischen Unterrichtes, vor allem der Sezierungsbungen, gefordert. Jetzt zeigt sich klar, daß diese Forderung fehlt. Noch ist es nicht zu spät, dies zu erkennen. Möge deshalb allen, welche in letzter Zeit mit Recht gegen die erstarrte Lehrbuch- und Kathederanatomie zu Felde gezogen sind, dieses Buch wieder zum Bewußtsein bringen, was schon eine knidische Schrift der hippokratischen Sammlung sagte:

ψυσις δε του σωματος αρχη του εν ιητρικη λογου.

Die ältesten Menschen.

Von A. Pütter, Bonn.

Die Frage nach der äußersten zeitlichen Grenze für das Menschenleben ist oft gestellt und durch Angaben über Einzelfälle mit erstaunlich hohen Zahlen beantwortet worden. Da das Schrifttum der letzten Jahrzehnte den alten Angaben kaum etwas Neues hinzugefügt hat, so wird immer noch als richtig hingenommen, was die Autoren von *Albrecht von Haller* bis auf *Eduard Pflüger* darüber berichtet haben.

Ein methodisch neuer Weg, die Frage nach der Wahrscheinlichkeit der landläufigen Angaben zu behandeln, ergibt sich aus den Untersuchungen, die zu einem theoretischen Verständnis der Absterbeordnung des Menschen geführt haben.

Wie ich gezeigt habe (5. 6), läßt sich die Verminderung des Bestandes der Überlebenden eines Jahrganges mit hinreichender Genauigkeit durch eine Formel darstellen, die auf Grund der Vorstellung entwickelt ist, daß die äußeren Schädlichkeiten, die dauernd auf den Menschen einwirken, im Mittel für alle Lebensalter (oberhalb etwa des 20. Jahres) gleich sind und daß die Widerstandsfähigkeit gegen diese Schädigungen mit zunehmendem Lebensalter immer geringer wird, wobei die Abnahme der Widerstandsfähigkeit einem Exponentialgesetz folgt. *Küpfmüller* (7) hat durch strenge mathematische Ableitung die Formel, die ich aufgestellt hatte, verbessert. Beide Formeln ergeben eine — für biologische Fragen — sehr gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen und führen zu dem Ergebnis, daß sich die Wahrscheinlichkeit, einen Menschen von über 100 Jahren anzutreffen, mit jedem Jahre, das über das Jahrhundert hinausgeht, ganz außerordentlich rasch vermindert, so daß schon für Alter von etwa 115 Jahren die Wahrscheinlichkeit nahezu Null ist. Will man diese Folgerung aus der Formel prüfen, so sind die üblichen Absterbeordnungen dazu wenig geeignet, da sie je aus einer Volkszählung errechnet sind und für die hohen Alter von 100 und darüber keinen Anspruch auf Genauigkeit machen können.

Der Grundgedanke meiner Auffassung von der zeitlichen Begrenzung des individuellen Lebens ist der, daß das Absterben ein *kontinuierlicher Vorgang* ist, der in jungen Jahren die Reihen der Lebenden *nach den gleichen Gesetzen* lichtet, wie im höchsten Greisenalter. Ist diese Auffassung richtig, so muß sich aus der Verminderung der Zahl der Lebenden in jüngeren Jahren auch angeben lassen, wie wahrscheinlich es ist, einen Menschen von einem bestimmten hohen Alter anzutreffen.

Das statistische Jahrbuch für das Deutsche Reich teilt seit 1901 mit, wie groß unter den vorgekommenen Todesfällen die Zahl derer gewesen ist, die im 100., 101. usw. bis 104. Lebensjahr erfolgten, und wie groß die Zahl der Todesfälle im Alter von mehr als 105 Jahren ist. Ich benutze die Zahlen von 1901 bis 1913 einschließlich.

Von den 7,522 Millionen Todesfällen von Männern, die in diese Zeit fallen, erfolgten 20 im Alter von 105 Jahren und darüber. Unter 6,974 Millionen Todesfällen von Frauen erfolgten 65 im Alter von 105 und mehr Jahren. Wir wollen zunächst einmal annehmen, daß diese Angaben volles Vertrauen verdienen und sie in Beziehung zu den Todesfällen in dem Jahrzehnt von 95 bis 104 setzen. Die jährliche Zahl der Todesfälle betrug im Mittel für Männer 580 000, für Frauen 520 000. Wieviele hiervon auf die einzelnen Altersstufen von 95 bis 104 entfallen, zeigt die folgende Tabelle in den Stäben, die die Überschrift „beobachtet“ tragen.

Todesfälle im Deutschen Reich von 1901 bis 1913.
Jahresmittel.

Alter in Jahren	Männer		Frauen	
	gestorben im Jahr beobachtet	berechnet	gestorben im Jahr beobachtet	berechnet
95	105,3	72	160	126
96	64,4	50	111	86
97	40,6	33	65	58
98	27,3	22	46	38
99	14,5	14,2	31	24,8
100	8,9	8,9	21,4	15,5
101	3,55	5,4	5,7	9,4
102	1,85	3,2	5,6	5,6
103	1,69	1,84	3,4	3,2
104	0,77	1,02	1,7	1,8
105–110	—	1,02	—	1,79
110–115	—	0,0215	—	0,04
115–120	—	0,0001	—	0,0002
> 105	1,54	1,0416	5,0	1,8302

Die theoretische Verwertung dieser Zahlen kann in folgender Weise geschehen. Nach *Küpfmüllers* Formel soll die Zahl der Überlebenden zur Zeit t betragen:

$$y = 107,9 e^{-0,0753 e^{0,0586 t}}$$

Dabei bedeutet t das Lebensalter vermindert um 20 Jahre, da die Analyse der Absterbeordnung

sich vorläufig nur auf die Zeit vom 20. Jahre an bezieht. Man kann also mit dieser Formel für jedes Jahr die Zahl der Überlebenden auf 100 Zwanzigjährige berechnen. Man findet für ein Alter von

100 Jahren	0,030 26	Überlebende
105 „	0,001 78	„
110 „	0,000 045	„
115 „	0,000 000 3	„
120 „	0,000 000 000 37	„

Diese Zahlen einer Überlebens tafel sind strenge genommen gar nicht mit der Zahl der Todesfälle zu vergleichen, die im Alter von 100 oder mehr Jahren erfolgen, aber der Unterschied zwischen den Zahlen einer richtig entwickelten Überlebens tafel von einer Tafel, die — unrichtig — auf Grund der Todesfälle aufgestellt ist, kann für die Jahre, um die es sich hier handelt, nicht groß sein. Wir dürfen jedenfalls das *Verhältnis* zwischen den Todesfällen in den einzelnen Jahren sehr nahe gleich dem setzen, das sich aus der Tafel der Überlebenden ergibt. Lehrt die theoretische Ableitung, daß der Prozentsatz der Überlebenden von 100 Jahren 0,030 26, der von 101 Jahren 0,018 43 ist, so dürfen wir annehmen, die Zahl der Todesfälle im 101. Jahre sei gegenüber dem im 100. Jahr um ebenso viel geringer wie die der Überlebenden. Ergab die Statistik für das 100. Jahr im Mittel 8,9 Todesfälle (auf 580 000), so sind im 101. Jahr 5,4 zu erwarten. In dieser Weise sind die Stäbe für Männer und Frauen gewonnen, die die Überschrift „berechnet“ tragen.

Zwischen 99 und 104 Jahren stimmen die berechneten Zahlen mit den beobachteten recht gut überein, d. h. es vermindert sich die Zahl der Todesfälle in diesen Jahren in dem Verhältnis, wie es sich aus der Formel ergibt. Die Jahrgänge von 95 bis 99 sind allerdings deutlich stärker vertreten, als nach der Rechnung zu erwarten wäre. Im Alter von 105 Jahren und darüber sollen nach der Statistik im Mittel auf 580 000 Todesfälle bei Männern noch 1,54 entfallen, nach der Theorie 1,0416. Hiervon kommen nach der Theorie 1,02, d. h. 98 % auf das Alter von 105 bis 110 Jahren, nur 2 % auf das Alter von 110 bis 115 Jahren. Für noch höhere Jahrgänge wird die Zahl praktisch gleich Null.

Wenn man also gar nicht annimmt, daß es eine obere Grenze der Lebensdauer für den Menschen gibt, sondern das Fehlen von Beobachtungen über Menschen, die ein gewisses Alter überschreiten, nur auf die geringe Wahrscheinlichkeit ihres Vorkommens zurückführt, so gelangt man zu dem Ergebnis, daß es sehr unwahrscheinlich ist, einmal einen Menschen von 111 oder gar 112 Jahren zu treffen. Wie gering die Aussicht ist, den Tod eines Menschen von sehr hohen Jahren festzustellen, zeigt wohl am besten die folgende Zusammenstellung:

Es ist zu erwarten je ein Todesfall eines Mannes im Alter von 105 Jahren auf 1,1 Millionen Todesfälle,

von 106 Jahren auf	2,15 Millionen
„ 107 „ „	4,3 „
„ 108 „ „	9,1 „
„ 109 „ „	19,4 „
„ 110 „ „	44,0 „
„ 111 „ „	110 „
„ 112 „ „	283 „
„ 113 „ „	850 „
„ 114 „ „	2340 „
„ 115 „ „	6550 „

Wenn wir bedenken, daß im Anfange des 20. Jahrhundert im Jahre in Deutschland 0,58 Millionen Männer starben, so würde bei gleicher Zahl der Todesfälle erst in 76 Jahren ein Todesfall im Alter von 110 Jahren zu erwarten sein, ein solcher im Alter von 111 Jahren aber erst in 190 Jahren. Um den Tod eines Mannes festzustellen, der das Alter von 112 vollen Jahren erreicht hat, dazu müßten 487 Beobachtungsjahre vorliegen, und für einen 113jährigen gar 1470 Jahre. Erst Beobachtungen von solcher Ausdehnung könnten die Frage entscheiden, ob derartige Alter erreicht werden. Die wirklich vorliegenden Beobachtungen, in denen die hohen Alter mit einer hinreichenden Genauigkeit festgestellt worden sind, bleiben weit hinter diesen Forderungen der Theorie zurück.

In dem Schrifttum über die ältesten Menschen finden sich aber eine Menge von Angaben, nach denen die äußersten Grenzen, die dem Leben des Menschen gesteckt sind, viel weiter sein sollen, als nach den bisherigen Ausführungen zu erwarten ist. Wir lesen da nicht nur von 120- und 130-jährigen, sondern bis über 180 Jahre gehen Angaben hinaus, die Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erheben. Wie steht es mit diesen Überreisen? Zunächst liegen eine ganze Anzahl von Daten über das klassische Altertum vor. Auf Grund der Listen des Bürgerzensus aus dem Jahre 74 n. Chr., der von *Vespasian* und *Titus* angeordnet wurde, teilen der ältere *Plinius* und *Phlegon von Tralles* Zahlen über die Zentenarier Italiens mit. Obgleich beide dasselbe Material benutzt haben, fallen die Zahlen recht verschieden aus, wie die beiden Stäbe der folgenden Tabelle

	<i>Plinius</i>	<i>Phlegon</i>	18154 Grabinschriften nach <i>Lewison</i>	<i>Haller</i>
100—110	54	63	162	> 1000
110—120	14	3	23	62
120—130	10	1	9	29
130—140	8	1	1	15
140—150	3	—	—	ca. 5
150—160	—	—	2	1
160—170	—	—	1	1

zeigen (3). Während *Phlegon* nur je einen Menschen zwischen 120 und 130 und zwischen 130 und 140 Jahren angibt, zählt *Plinius* in diesen beiden Jahrzehnten deren 18 und weiß noch von

drei weiteren im Alter von 140—150 Jahren zu berichten. Daß im Altertum solche und noch höhere Alter *beurkundet* worden sind, geht aus *Lewisons* Bearbeitung von über 18 000 Grabinschriften aus dem römischen Reich hervor (3). Ich zähle in seinen Tabellen neben 162 Menschen zwischen 100 und 110 Jahren, zwei zwischen 150 und 160 und einen zwischen 160 und 170. Der dritte Stab der folgenden Tabelle gibt das Zahlenmaterial. Ganz erstaunlich erscheint die Zahl derer, die zwischen dem 100. und 110. Lebensjahr gestorben sein sollen. Während nach den statistischen Angaben des Deutschen Reiches auf 1 Million Todesfälle bei Männern 31—32, bei Frauen 82—83 Fälle mit Altern von über 100 Jahren entfallen, kommen hier 8500 solcher Fälle auf 1 Million. Freilich sind die allerjüngsten Kinder unter den Inschriften schwach vertreten, so daß man wird annehmen müssen, daß den 18 154 Todesfällen, die durch Inschriften belegt sind, noch eine erhebliche Menge nicht belegter Fälle von kleinen Kindern entspricht, aber auch unter Rücksicht hierauf würde die Häufigkeit der Zentenarier nach den Inschriften mindestens 50- bis 100mal größer gewesen sein müssen als heute. Hat diese Annahme irgendwelche Wahrscheinlichkeit? Waren die Menschen des Altertums zu längerem Leben befähigt als wir? Die Angaben über Lebenserwartung im Altertum (3), die *Ulpian* macht, sprechen nicht dafür, sie zeigen im Gegenteil, daß man die Lebenserwartung in allen Lebensaltern zur Zeit *Ulpians* für geringer gehalten hat als heute. Die folgende Zusammenstellung läßt das deutlich erkennen. Während

Lebenserwartung in Jahren

Alter	nach <i>Ulpian</i>	nach modernen Angaben etwa
0—20	30	40—43
20—25	28	40
25—30	25	34
30—35	22	30
35—40	20	26
45	15	22
50—55	9	18
55—60	7	12
mehr als 60	5	—
70	—	6,6

Ulpian allen, die über 60 Jahre alt sind, nur 5 Jahre als Lebenswahrscheinlichkeit zubilligt, schätzen wir mit 70 Jahren die Lebenserwartung noch auf fast 7 Jahre.

Nach unserem Grundsatz, die Todesfälle im höchsten Alter nach denselben Gesichtspunkten zu betrachten, wie die in mittleren Jahren, können wir unter keinen Umständen die Angaben der Inschriften für glaubhaft halten. Zur Begründung dieser Skepsis wird weiter unten noch einiges zu sagen sein.

Als letztes großes Beispiel systematischer Zusammenstellungen über Langlebigkeit mögen *Albrecht von Hallers* Angaben folgen (1). Wenn er angibt, er habe über 1000 Notizen gesammelt, die sich auf Menschen von 100 bis 110 Jahren beziehen, so können wir danach nicht angeben, wie häufig in seinem Material die Zentenarier gewesen sein müssen, da wir ja nicht wissen, wie groß die Zahl der Menschen oder der Todesfälle gewesen ist, auf die sich seine Untersuchungen beziehen. Wenn er aber dann 62 Menschen zwischen 110 und 120 Jahren erwähnt, so steht das in gar keinem Verhältnis zu den heutigen Erfahrungen, nach denen man nur etwa einen Menschen in diesem Jahrzehnt auf 1000 der vorhergehenden erwarten dürfte. Den 29 Angaben über Alter zwischen 120 und 130 Jahren und den 15 zwischen 130 und 140 scheint *Haller* noch volles Vertrauen zu schenken. Dann aber schreibt er (S. 950): „Vom hundertundvierzigsten bis ins hundertundfünfzigste scheinen schon die Fabelzeiten anzugehen. Ich halte nemlich auf die Berichte der Indianer, der Pohlen und Ungarn nicht so viel, daß ich sie für zuverlässig ausgeben könnte. Dennoch lebte in England, welches den Grund seiner Glückseligkeiten in den Gesezen findet, *D. Eccleston* seine hundert und drei und vierzig Jahre fort, es wurde *Jonathan Effingham* hundert vier und vierzig Jahre alt und starb im Februar des Jahres 1757.“

Haller wagt nicht, einige weitere Angaben noch höherer Lebensalter für richtig zu halten, teilt aber den unvermeidlichen *Thomas Parre* mit seinen angeblichen 152 Jahren mit und meint, der allerälteste sei *Henrich Jenkins*, der „ziemlich wahrscheinlich“ 169 Jahre alt geworden sei.

Die Erfahrungen der modernen amtlichen Statistik lassen derartige Angaben als völlig unglaubwürdig erscheinen. Sie lehren als allgemeinen Grundsatz: je unzivilisierter ein Bezirk ist, eine desto größere Zahl von Menschen behauptet, mehr als 100 Jahre alt zu sein. Das sei an den folgenden Zahlen erläutert. Es entfielen (nach *Schnapper-Arndt* (4)) an Zentenariern:

in Preußen . . .	1895	auf 1 Million	1,4
„ Frankreich . .	1896	„ 1 „	4,6
„ Japan . . .	1894	„ 1 „	42,6
„ der Union . .	1880	„ 1 „	80
„ Cuba . . .	1889	„ 1 „	217

In demselben Lande geben die unzivilisierteren Volksteile höhere Zahlen für die Zentenarier. In der Union z. B. entfallen unter den einheimischen Weißen auf 1 Million 16 Zentenarier, unter den Farbigen 453. Selbst in Preußen mit seiner geringen Zahl Hundertjähriger ist deutlich zu erkennen, daß die östlichen Provinzen mit ihrer im Durchschnitt tieferen Bildungsstufe mehr Angaben liefern als die westlichen. Von den 46 Zentenariern, die die Zählung von 1895 ergab, kamen auf

Posen	15	bei 1,83 Millionen Einwohnern		
Westpreußen . . .	9	„ 1,49	„	„
Ostpreußen . . .	5	„ 2,01	„	„
Schlesien . . .	8	„ 4,42	„	„
Brandenburg mit Berlin	1	„ 4,50	„	„
Westfalen, Hessen- Nassau, Rhein- land-Hohenzollern	0	„ 9,63	„	„

Nun könnte man ja versuchen zu behaupten: je weniger die Zivilisation ein Land oder Volk verändert hat, desto „natürlicher“ sind die Lebensbedingungen, und darum ist die Zahl der Überhundertjährigen größer. Aber entgegen dieser Deutung lehrt die Erfahrung, daß die Lebenserwartung mit zunehmender Zivilisation — wenigstens bis zu einer gewissen Höhe hin — für alle genau bekannten Lebensalter zunimmt. Die richtige Deutung der Abnahme der Hundertjährigen mit steigender Zivilisation liegt vielmehr nur darin, daß mit wachsender Volksbildung auch die Kenntnis der eigenen Lebensdaten sicherer, die Beurkundung des Personenstandes zuverlässiger wird. Die großen Zahlen der Überhundertjährigen leben nur in der Phantasie. Eine genaue Nachprüfung würde sicher eine große Zahl von ihnen des Nimbus entkleiden, der sie in den Augen der Mitwelt umgibt. Das zeigt klar das Ergebnis der Untersuchung der 27 Personen, die nach den Eintragungen in den Listen im Jahre 1871 in Bayern im 101. Lebensjahre gestanden haben sollen. Die amtliche Prüfung ergab, daß nur *eine* Witwe wirklich das Jahrhundert überschritten hatte; 15 unter den 27 waren noch nicht einmal 90 Jahre alt! *Schnapper-Arndt* (4) schreibt hierüber: „Namentlich der Wunsch, Mitleid zu erregen, soll zur absichtlichen Angabe eines zu hohen Alters Veranlassung gegeben haben, wobei denn eine der Beteiligten sich zum Nachweis ihrer Angaben des Geburtscheines ihrer längst verstorbenen, in Vor- und Familiennamen gleichnamigen Mutter bedient hatte.“ Dieser letzte Punkt ist sehr wichtig, denn nach einer solchen Methode können leicht beliebig hohe Angaben urkundlich belegt werden, wenn nicht große Sorgfalt auf die Prüfung aller Angaben verwandt wird, eine Sorgfalt, die selbst in unserer Zeit nur selten aufgewendet wird und früheren, leichtgläubigeren Zeiten ganz fremd war.

Wir können in allen den Angaben über hohe, das Jahrhundert merklich überschreitende Lebensdauern nur einen lehrreichen Beitrag zur Psychologie der Übertreibung erblicken und werden auch den Angaben der Sterbestatistik des Deutschen Reichs gegenüber eine starke Zurückhaltung üben müssen, wenn sie in jedem Jahre einige Personen verzeichnet, die im Alter von mehr als 105 Jahren gestorben sein sollen.

Welches Alter wird denn aber wirklich erreicht? Sobald man nach Fällen sucht, die wirklich gut belegt sind, wird die Ausbeute sehr spärlich.

Ray Lankaster (2) teilt einen Fall mit, in dem ein Mann in das 102. Lebensjahr gekommen, ja vielleicht sogar es vollendet hat. Aus dem „vielleicht“ geht schon hervor, daß nicht alle Angaben zweifelsfrei sind. Von einem anderen (*Thomas Hast Davis*) heißt es, er sei im Alter von 116 Jahren gestorben, aber eine Nachuntersuchung habe ergeben, daß er „nur“ 109 Jahre alt war. Ist diese Nachuntersuchung wirklich sorgfältig gemacht, dann dürfte es sich wohl um den ältesten Menschen handeln. Wenn *Lankaster* gleich darauf nach den Angaben eines Gewährsmannes von einem Manne von 104 Jahren und einem weiteren von 111 Jahren spricht, so geht aus der flüchtigen Erwähnung schon hervor, daß er sich der Tragweite einer solchen Feststellung nicht voll bewußt ist. Sie würde nur Glauben beanspruchen können, wenn genauere Angaben über Prüfung von Urkunden und Entscheidung der Frage der Identität der Person mit der in den Urkunden genannten gemacht würden. Aus dem Fehlen dieser Angaben ist zu schließen, daß eine solche Prüfung nicht stattgefunden hat.

Wenn wir sagen müssen: es liegt kein beglaubigter Fall vor, in dem ein Mensch auch nur 110 Jahre alt geworden wäre, so können wir mit diesem Ergebnis noch einmal auf die Theorie zurückkommen.

Die Ableitungen *Küpfmüllers* (7) führen auf eine Formel für die Zahl der Überlebenden, in der außer dem Vernichtungsfaktor und dem Alternsexponenten noch die „maximale Lebensdauer“ vorkommt. Aus den Beobachtungen über die Verminderung der Zahl der Lebenden in mittleren Jahren ergibt sich diese maximale Lebensdauer zu 110 Jahren. Die Vereinfachung dieser Formel zu der oben benutzten, die keine zeitliche Begrenzung des Lebens enthält, ist nur deshalb eingeführt, weil sich die beobachteten Daten für die Lebensalter von 20 bis 80 Jahren mit genügender Annäherung auch mit Hilfe der einfacheren Gleichung berechnen lassen, in der die maximale Lebensdauer = ∞ angesetzt ist. Für die 90- und 100jährigen ergibt sie aber Werte, die deutlich zu hoch sind. Führt man für diese hohen Alter die genauere Rechnung durch, so wird die Wahrscheinlichkeit, Menschen über 100 Jahre anzutreffen, erheblich geringer. Es wären dann zu erwarten:

Personen im Alter von Jahren	auf 1 Million Zwanzigjährige
100	34,622
101	13,130
102	4,299
103	1,166
104	0,247
105	0,037 8
106	0,003 47
107	0,000 147
108	0,000 001 5
109	0,000 000 000 48
110	0

Da eine Million 20jähriger etwa 1,66 Millionen lebend Geborener (in Deutschland 1871—1881) entspricht, so wäre ein Mensch von 104 Jahren erst auf 6,7 Millionen Lebendgeborener zu erwarten, ein 105jähriger auf 44 Millionen, ein 106jähriger auf 476 Millionen und ein 107jähriger erst auf 11,25 Milliarden Lebendgeborener. Wenn jährlich auf der ganzen Erde 50 Millionen Geburten lebender Kinder vorkommen, so kann man vielleicht jederzeit einen Menschen von 105 Jahren auf unserm Planeten anzutreffen erwarten, einen 106jährigen alle 9—10 Jahre, einen 107jährigen erst alle 225 Jahre und einen 108jährigen gar erst (bei gleicher Geburtenzahl und Sterblichkeit auf der ganzen Erde wie heute in Deutschland) nach etwa 2300 Jahren.

Der kritischen Beobachtung begegnen Menschen von 101 und mehr Jahren nur ganz außerordentlich selten. Mit der Zunahme unserer Erfahrungen über die Altersverhältnisse des Menschen hat die Zahl der Überhundertjährigen immer mehr abgenommen. Die Theorie lehrt, daß nach den Erfahrungen über das Sterben in jüngeren Jahren, über das reiches sicheres Material vorliegt, solche uralten Menschen nur ganz selten zu erwarten sind. Danach wäre es nunmehr wohl an der Zeit, die Berichte über 120-, 130-, 140-, 150- usw. -jährige dahin zu verweisen, wohin sie gehören: ins Reich der Fabel.

1. 1776. Albrecht von Haller, Anfangsgründe der Physiologie des menschlichen Körpers. Achter Band. Berlin und Leipzig.
2. 1870. G. Ray Lankaster, on comparative longevity in man and the lower animals. London.
3. 1898. W. Lewison, Die Beurkundung des Zivilstandes im Altertum. Phil. Diss. Bonn 1898.
4. 1912. G. Schnapper-Arndt, Sozialstatistik. Leipzig.
5. 1920. A. Pütter, Zur Physiologie der Lebensdauer. Naturwiss. Jahrg. 8, S. 201—205.
6. 1921. A. Pütter, Lebensdauer und Altersfaktor. Z. f. allg. Physiol. Bd. XIX, S. 9—36.
7. 1921. K. Küpfmüller, Zur Analysis der Absterbeordnung. Naturwiss. Jahrg. 9, S. 25—31.

Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Vererbungswissenschaft.

Von Hans Nachtsheim, Berlin.

(Schluß.)

Die Nachmittagsvorträge des zweiten Tages zeigten wieder den Wert der Zusammenarbeit von Zytologie und experimenteller Genetik. E. Witschi (Basel) berichtete über *Chromosomen und Geschlecht bei Rana temporaria*. Bei den Fröschen kompliziert sich die Differenzierung des Geschlechtes durch das Eingreifen übergeordneter Faktoren. Wenigstens gilt das für gewisse Lokalrassen. Während bei den frühdifferenzierenden Rassen bei Beginn der Metamorphose sich etwa 50 % ♀ und 50 % ♂ nachweisen lassen — eine Beobachtung, die bei Annahme der Heterogametie eines Geschlechtes ohne weiteres verständlich ist —, erwiesen sich

bei einer spätdifferenzierenden Rasse alle Individuen auf dem gleichen Zeitpunkte der Entwicklung als Weibchen, wenn die Tiere in günstiger Temperatur (15—21°) gehalten wurden; während der weiteren Entwicklung setzt dann die Umwandlung eines Teiles der Weibchen in Männchen ein. Durch bestimmte Außenbedingungen ist es möglich, bei den spätdifferenzierenden Rassen das Geschlechtsverhältnis weitgehend zu verschieben. So führen hohe Temperaturen und Überreife der Eier zu einer starken Zunahme der Männchen, die sich bis zum völligen Verschwinden der Weibchen steigern kann. Es sind nach Witschi trophische Faktoren, die die Differenzierung des Geschlechtes bei den spätdifferenzierenden Rassen beherrschen. Die Dissimilationsprozesse werden bei erhöhter Temperatur stärker beschleunigt als die Assimilationsprozesse. Hitzetiere sind klein und schlank, geradezu mager, die Leber ist gering, die Nieren sind außerordentlich stark entwickelt. Während in der Hitze der Stoffabbau das Übergewicht hat, ist in der Kälte die Stoffspeicherung stärker. Ersteres aber ist charakteristisch für das männliche, letzteres für das weibliche Geschlecht.

Durch die Untersuchungen an den spätdifferenzierenden Rassen ist für diese die Möglichkeit der Geschlechtsbestimmung unabhängig vom Chromosomenmechanismus erwiesen. Gerade weil wir aber bei den Fröschen auch andere Rassen haben, deren Geschlechtsbestimmung auf Grund des Chromosomenmechanismus erfolgt und von äußeren Faktoren unabhängig ist, hat diese Gruppe für das Sexualitätsproblem besonderes Interesse. Die Frösche scheinen im Übergang von dem einen Geschlechtsbestimmungsmodus (syngame Bestimmung) zu einem anderen (metagame Bestimmung) begriffen zu sein. Witschi führt diesen Übergang auf das Schwächerwerden des einen Weiblichkeitsfaktors beim Männchen (er betrachtet das Männchen als heterogamet) zurück — wir müssen es uns versagen, hier näher auf diese theoretischen Erörterungen einzugehen — und sucht seine Annahme durch Kreuzungsexperimente mit den verschiedenen Rassen und durch zytologische Untersuchungen zu erhärten. Aus den Kreuzungsexperimenten ergibt sich tatsächlich eine quantitative Verschiedenheit der Geschlechtstaktoren bei den verschiedenen Rassen. Die zytologischen Untersuchungen beschränkten sich bisher auf die spätdifferenzierenden Rassen. Die Chromosomenzahl ist in beiden Geschlechtern $= 2 \times 13$. Das Chromosomenpaar zehnter Größe scheint nach seinem Verhalten die Geschlechtschromosomen darzustellen. Morphologische Differenzen sind zwischen den Geschlechtschromosomen der Männchen und Weibchen nicht vorhanden.

Paula Hertwig (Berlin) sprach über *Bastardierung und Entwicklung von Amphibieneiern ohne mütterliches Kernmaterial*. Sie wiederholte die Merogonieversuche Boveris mit anderem Ma-

terial und anderen Methoden. Frosch-, Kröten- und Tritoneier wurden „entkernt“, indem sie vor der Befruchtung mit Radium bestrahlt wurden; dies führt zu einer Abtötung der Kernsubstanzen, während das Plasma besamungs- und entwicklungsfähig bleibt, wenn es durch einen arteigenen oder auch artfremden Kern besamt wird. Die aus solchen Eiern entstehenden Larven sind haploid, und zwar arrhenokaryotisch. Aber ebenso wenig wie die thelykaryotischen Larven sind sie dauernd lebensfähig, sie gehen in der Regel schon nach wenigen Tagen, spätestens nach einigen Wochen, zugrunde. Bei Fröschen und Kröten geht die Entwicklung nur bis zur Gastrulation, bei Tritonen geht sie etwas weiter, aber leider besteht auch hier nicht die Möglichkeit, eine Antwort auf die Frage zu geben, ob die ersten larvalen Merkmale durch den Kern — und das wäre hier der Samenkern — vererbt werden; bei den absterbenden Larven sind Merkmale der einen oder der anderen zur Kreuzung benutzten Spezies noch nicht ausgebildet.

Eine theoretische Auswertung dieser und seiner eigenen Radium- und Bastardierungsexperimente versuchte G. Hertwig (Frankfurt a. M.) in seinem Vortrag über die *Entfaltung der Erbanlagen*. Auch die Ausführungen des nächsten Vortragenden, O. zur Straßen (Frankfurt a. M.), über die *Bedeutung der Zweigeschlechtlichkeit* waren rein theoretischer Natur.

Die beiden letzten Vorträge waren wieder zytologisch. H. Muckermann (Bonn) teilte Ergebnisse von Untersuchungen über die *synaptischen Phänomene bei Urodelen* mit, die den Zweck hatten, neue Belege zur Individualitätshypothese zu erbringen. Der Vortragende sieht in seinen Befunden einen neuen Beweis für die parallele Konjugation der Chromosomen.

Das *Geschlechtschromosomenproblem bei den Säugetieren und dem Menschen* behandelte auf Grund neuer Untersuchungen S. Guthertz (Berlin). Zwar machen es die Beobachtungen über geschlechtsgebundene Vererbung bei Säugetieren und dem Menschen sehr wahrscheinlich, daß in dieser Gruppe das männliche Geschlecht (wie bei den meisten Tieren) das heterogamete ist, aber trotz zahlreicher Untersuchungen hat ein einwandfreier zytologischer Beweis dafür noch nicht erbracht werden können. Das hängt damit zusammen, daß bei den Säugetieren die Chromosomenverhältnisse außerordentlich unübersichtlich sind. Der Vortragende untersuchte eingehend die Spermatogenese der weißen Maus, bei der die Verhältnisse noch relativ klar sind. Wie schon die früheren Untersucher der Spermatogenese anderer Mäuse findet auch er in der Wachstumsperiode der Spermatozyten ein Gebilde, das er als Geschlechtschromosom bzw. als zwei solche Elemente (X und Y) anspricht. Einen ähnlichen Körper hatte Guthertz bereits vor 10 Jahren aus der Spermatogenese des Menschen beschrieben, sich aber damals bei der Deutung des Gebildes

sehr reserviert verhalten. Seine neuen Beobachtungen veranlassen ihn, den Körper nunmehr auch als Heterochromosom zu betrachten, doch bedarf es zur völligen Klarlegung der Verhältnisse noch erneuter Untersuchungen.

Von den Demonstrationen dieses Tages fand besonderes Interesse die Sammlung intersexueller Schmetterlinge (*Lymantria*) von R. Goldschmidt (Dahlem), der durch Kreuzung verschiedener Rassen des Schwammspinners nicht nur alle möglichen Zwischenstufen zwischen Weibchen und Männchen erzielen, sondern auch das eine Geschlecht völlig in das andere umkehren konnte, so daß bei gewissen Kreuzungen nur Weibchen, bei anderen nur Männchen entstanden.

Die Sitzungen des dritten Tages wurden durch ein Referat von F. Lenz (München) über *Erblichkeit menschlicher Anlagen* eingeleitet. Dieser wies zunächst auf die große Bedeutung hin, die der Vererbungswissenschaft für die gesamte Medizin zukommt. Sie sollte die Grundlage aller biologischen Wissenschaften bilden und auch bei der Ausbildung des Mediziners einen entsprechenden Platz einnehmen. Aber weder ist dieses der Fall, noch auch hat die Vererbungswissenschaft überhaupt an unseren Hochschulen die Stellung, die ihr gebührt.

Da der menschlichen Erbforschung nicht das Experiment zur Verfügung steht, so ist sie auf Analogieschlüsse aus Experimenten an Tieren und Pflanzen angewiesen und vor allem auf statistische Methoden. Wenn auch letztere nicht so eindeutige Resultate liefern wie in der Regel das Experiment, so lassen sie doch gewisse Schlüsse zu, und diese sind um so beweiskräftiger, je mehr sie mit den auf experimentellem Wege gewonnenen Ergebnissen der Zoologen und Botaniker harmonieren, denn der Mensch verhält sich hinsichtlich seiner Vererbung nicht anders als die übrigen Lebewesen.

Praktische Wichtigkeit hat die Vererbungslehre in erster Linie für die Pathologie. Es gilt zu ermitteln, welche krankhaften Zustände beim Menschen vornehmlich erblich bedingt sind. Sodann aber ist fernerhin festzustellen, wie sich die zahlreichen nicht pathologischen Merkmale verhalten, wie die Beziehungen zwischen den erblichen Anlagen und den systematischen Gruppen sind. Unsere Kenntnisse über das Verhalten weiter auseinander stehender Menschenrassen in F_2 sind vorläufig noch sehr lückenhaft. Neben den körperlichen Anlagen sind die seelischen hinsichtlich ihrer Erblichkeit zu verfolgen. Unter den Ursachen der geistigen Störungen steht keine so im Vordergrund wie die Erbanlage.

Die Feststellung der erblichen Grundlage einer Erkrankung bietet oft große Schwierigkeiten, es ist schwer, die Wirkung der Umwelt richtig einzuschätzen. Vielfach ist die Klarlegung des Falles aber auch leicht, so wenn es sich um eine dominante Krankheit handelt, die auf einem mendelnden Erbfaktor beruht. Auch

rezessive, einfach bedingte Krankheiten, wie z. B. der Albinismus, machen keine großen Schwierigkeiten. Das gleiche gilt für geschlechtsgebundene Krankheiten (wie die Rotgrünblindheit), seien sie rezessiv oder dominant. Großer Wert ist auf sorgfältige Stammbaumforschung zu legen. Ein einziger zuverlässiger Stammbaum kann mehr wert sein als die allergrößte Massenstatistik. Was die menschliche Erblichkeitsforschung wissen will, steht in den Aufzeichnungen der Genealogie nicht darin, deren Bedeutung ist nicht zu überschätzen. Es muß die ganze Verwandtschaft eines Kranken erforscht werden. Wichtig ist die Ermittlung etwaiger Blutsverwandtschaft. Es besteht die Gefahr, daß einseitige Auslese getrieben wird. Stets muß der Fehler der kleinen Zahl berechnet werden. Zusammenzählung von Erfahrungen aus verschiedenen Familien schließt die Gefahr in sich, daß phänotypisch Gleiches, aber genotypisch ganz Verschiedenes vereinigt wird, es werden in der Pathologie sicher häufig noch „die Blindschleichen mit den Schlangen“ zusammengeworfen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß unsere tatsächlichen Kenntnisse über die Vererbung beim Menschen noch sehr gering sind, daß sich heute mehr nur der Weg aufzeichnen läßt, auf dem vorgegangen werden muß. Die Erblichkeitsforschung hat hier noch ein weites, sehr wichtiges Feld für ihre Betätigung vor sich.

In Spezialgebiete menschlicher Erbforschung führten die beiden nächsten Vorträge ein. H. W. Siemens (Breslau) gab einen zusammenfassenden Überblick über die *Vererbungs-pathologie der Haut*. Auch hier handelte es sich in der Hauptsache um einen Hinweis darauf, ein wie weites Gebiet der Bearbeitung noch harret. Wir wissen von vielen Hautleiden heute, daß sie erblich sind, wir kennen dominante und rezessive, geschlechtsgebundene und geschlechtsbegrenzte Hautkrankheiten, der Vererbungsmodus der großen Mehrzahl dieser Erkrankungen aber ist noch ganz ungenügend erforscht.

Relativ einfache Verhältnisse bietet die *Vererbung der Alkaptonurie des Menschen*, über die E. Toenniessen (Erlangen) berichtete. Die Alkaptonurie, eine Stoffwechselerkrankung, die auf das Fehlen eines den Benzolkern aufspaltenden Fermentes zurückzuführen ist, bietet einen einfachen Mendelfall, wie an der Hand von Stammbäumen gezeigt wird. Die Krankheit beruht auf einem rezessiven Faktor, der unabhängig vom Geschlecht vererbt wird.

Die Schlußsitzung führte ganz auf rassehygienisches Gebiet. Über *Alkohol und Nachkommenschaft* referierte Agnes Blum (Dahlem). Nach ihren an weißen Mäusen ausgeführten Untersuchungen sind bei Nichtalkoholikern 16,24 % der Paarungen steril, bei Alkoholikern 69,66 %. Auch im übrigen ist die Fruchtbarkeit der Weibchen in den Alkoholikerfamilien

stark herabgesetzt. Daß einzelne Individuen besonders kräftig sind, hängt damit zusammen, daß die Auslese eine stärkere ist. Schwache Alkoholisierung wirkt vielfach entwicklungsanregend, wie besonders aus den von Bilski am Frosch gemachten Beobachtungen hervorgeht. Der Prozentsatz der Eier, welche zur Entwicklung kommen, ist in solchen Fällen größer als normal. Die durch stärkere Alkoholisierung herbeigeführten Schädigungen der Nachkommenschaft können sich, wie Stockard gezeigt hat, in mehreren aufeinanderfolgenden Generationen äußern, aber es handelt sich dabei nicht um eine Veränderung der genotypen Grundlage, sondern lediglich um ein Nachwirken. Nach Stockard werden die alkoholisierten Männchen bzw. deren Nachkommen mehr geschädigt als die alkoholisierten Weibchen und ihre Nachkommen. Eine Bestätigung dieser Angabe vermochte Fräulein Blum nicht zu erbringen. Von besonderem Interesse sind ihre Beobachtungen über den Einfluß des Alkohols auf das Geschlechtsverhältnis. Während normalerweise bei der weißen Maus ein starker Überschuß der weiblichen Geburten besteht, wird durch die Alkoholisierung das Geschlechtsverhältnis nahezu umgekehrt. Fräulein Blum führt diese Tatsache darauf zurück, daß durch den Alkohol die eine der beiden Sorten von Spermien, die weibchenbestimmende, mehr geschädigt wird als die andere. Die männchenbestimmenden Spermien bekommen so einen Vorteil gegenüber jenen und gelangen in größerer Zahl zur Befruchtung.

Würde auch, so schloß die Vortragende, eine dauernde Schädigung der Erbmasse durch den Alkohol nicht herbeigeführt, so muß die Rassenhygiene doch schon aus sozialen und ethischen Gründen den Kampf gegen den Alkoholismus führen. „Alkohol und Rassewohl reimen sich nur dem Klange nach, in Wirklichkeit sind sie feindliche Begriffe.“

Über die Bezeichnung „Rassenhygiene“ und Änderungsvorschlag sprach M. Westenhöfer (Berlin), über Zeugegebote H. Poll (Berlin), der außerdem eine sehr wertvolle Sammlung von Photographien eineiiger Zwillinge und eine große Anzahl Vogelbastarde demonstrierte.

Den Schlußvortrag hielt G. Just (Dahlem) über *Wahrscheinlichkeit und Empirie in der menschlichen Erblichkeitsstatistik*. Er setzte die Weinbergsche „Geschwister- und Probandenmethode“ zur Ausschaltung des Rezessivenüberschusses bei Familien mit geringer Nachkommenzahl auseinander, deren Prüfung er an empirischem Material (*Drosophila*) vorgenommen hat. Diese Methode, die für die menschliche Erblichkeitsforschung von großer Bedeutung ist, ist berufen, auch bei erbanalytischen Untersuchungen an unseren Haustieren noch eine große Rolle zu spielen.

Gebirgsbildung und Schwere¹⁾.

Mehr denn je steht heute die Frage nach den tiefen Ursachen der Gebirgsbildung zur Disposition. Die früher allgemein anerkannte Schrumpfungstheorie der Erdkrinde, nach der diese sich über dem erkaltenden und schrumpfenden Kern in Falten legen soll, wird heute nur noch von wenigen Forschern restlos anerkannt, da sich zu große geophysikalische Schwierigkeiten dieser Deutung entgegenstellen. Doch ist eine andere befriedigende Lösung bis heute noch nicht gefunden. Das liegt vor allen Dingen daran, daß bei Ablehnung der Schrumpfungstheorie die Ursachen der Gebirgsbildung in eine tiefere Zone der Erde, in die plastische oder halbplastische Schicht unter der starren Erdkrinde verlegt werden müssen; diese ist aber keiner unmittelbaren Beobachtung zugänglich und daher haben bisher alle auf ihrer Beschaffenheit fußenden Theorien rein spekulativen Charakter.

Doch es gibt indirekte Wege, auf denen man wenigstens einige Anhaltspunkte über den Charakter des tieferen Unterbaues der Erdkrinde erhalten kann. Neben den Beobachtungen über die Verbreitungsart von Erdbebenwellen, von elektrischen Wellen u. a., sind es vor allem die systematischen Aufzeichnungen der Schwereverhältnisse auf der Oberfläche, die einen gangbaren und verheißungsvollen Weg anzeigen. Wir wissen ja, daß der Kern der Erde aus schwereren Massen bestehen muß als die Oberfläche, daß ein Querschnitt durch die Erde uns von den leichteren Silicium-Aluminium-Verbindungen (Sal) über schwerere Silicium-Magnesium-Massen (Sima) zu dem Nickel-Eisen-Kern der Erde (Nife) führen muß. Liegen nun schwerere Simagesteine stellenweise in geringerer Tiefe, so muß sich das in Lotablenkungen, in veränderten Schwingungszahlen eines Pendels bemerkbar machen. Diese Messungen können mit Hilfe des von Heimert und Sterneck ausgearbeiteten Verfahrens mit großer Genauigkeit ausgeführt werden und beruhen auf dem „Koinzidenzverfahren“, auf dem Vergleich der Schwingungen eines Pendels von bestimmter Länge mit dem Gang einer astronomisch regulierten Pendeluhr. Da die Schwerkraft an zwei Orten umgekehrt proportional den Quadraten der Schwingungszeit ist, so kann dieselbe für jeden Ort berechnet werden, wenn sie an einem bestimmten Ausgangspunkt bekannt ist. Die Genauigkeit geht hierbei auf 1,5–2 Einheiten der fünften Dezimale der in Metern ausgedrückten Beschleunigung.

Der unmittelbar gewonnene Wert ist aber noch nicht gebrauchsfähig; es müssen noch drei Reduktionen ausgeführt werden:

1. eine Reduktion auf den Meeresspiegel, unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Entfernung eines Ortes vom Schwerkraftszentrum die Größe der Schwerkraft beeinflusst. So wird der Wert g_0 erhalten.

2. Der Geländeausgleich ergibt den Wert g_0' . Ein Ort im Tale hat geringere Schwere als ihm normal zukommt, da die darüber befindlichen Berge die zentripetale Kraft vermindern. Auch ein Gipfel hat geringere Schwere als ein Punkt auf gleich hoher Ebene, denn der letztere ist ringsherum von schwereren Massen umgeben.

3. Endlich muß noch die Attraktionswirkung der Gesteinsmassen in Rechnung gesetzt werden, welche

über die ideale ausgeglichene Erdoberfläche hinausragen (Geoidoberfläche). Dieser Wert ist in Niederungen gering, erhält aber natürlich im Gebirge recht erhebliche Bedeutung.

Der auf diese Weise erhaltene Wert g_0'' wird dann mit dem theoretisch errechneten Wert verglichen, der diesem Ort bei gleichmäßiger Verteilung der Schwere zukommen müßte; es ergibt sich der Wert $g_0'' - \gamma$, welcher angibt, ob an dem betreffenden Ort ein Überschuß oder ein Defizit an Schwere vorhanden ist, d. h., ob hier schwerere Massen in geringer oder großer Tiefe die Oberfläche unterlagern. Verbindet man dann die Orte gleicher Schwere durch Kurven (*Isanomalen*) und vergleicht sie mit den Grundzügen des geologischen Baues, so ergeben sich wichtige Schlüsse auf den Zusammenhang der gebirgsbildenden Phänomene mit der Beschaffenheit des tieferen Untergrundes.

Dieser Weg ist schon mehrfach beschritten worden (Lukaschewitsch, Deecke, Heim u. a.); ganz allgemein kam man zu dem Ergebnis, daß unter den Kettengebirgen ein Schweredefizit herrscht, daß hier also spezifisch leichtere Massen gleichsam eine Anschwellung, einen Wulst nach oben und nach unten bilden müssen. Es ist aber Kosmat vorbehalten geblieben, eine ungeheure Fülle von Beobachtungen scharf kritisch zu sammeln und zu sondern und dabei zu Ergebnissen zu gelangen, die weit über den Rahmen des von ihm gewählten Titels hinausgehen.

Aus der Fülle von Anregungen, die sein Werk bietet, kann ich nur einiges von dem herausgreifen, was auf das Grundproblem — die Ursachen der Gebirgsbildung — ein neues Licht wirft. Viele Spezialprobleme, die durch diese neuartige Behandlungsweise eine überraschende Neuformulierung erhalten, viele neue Gesichtspunkte, die Kosmat beiläufig seiner Betrachtung einschaltet, muß ich übergehen.

Ich will nun zunächst die Tatsachen zusammenstellen, welche ein Vergleich der Isanomalenkurven mit dem geologischen Bau uns erkennen läßt.

Die jungen (tertiären) Kettengebirge zeigen insgesamt ein Schweredefizit, welches ziemlich genau den Verlauf des Gebirges wiedergibt. Bezeichnenderweise folgt dabei das größte Defizit nicht der höchsten Gebirgserhebung. In den Westalpen folgt es etwa der Rhone-Rheintal-Linie, d. h. dem Gebiete, wo am Innenrand der alpinen Zentralmassive die stärkste Zusammenstauung der leichten salischen Kruste stattgefunden haben muß. Dieses bedeutende Schweredefizit schwächt sich nach Osten ab und am Ostrand der Ostalpen greifen sogar einige Schweretüberschüsse in das Gebirge ein. Das ist eine ungeheuer wichtige Beobachtung, denn sie zeigt, daß die Annahme einer riesenhaften Steigerung der Faltung, d. h. in diesem Falle des Deckenbaues, für die Ostalpen ganz unberechtigt ist. Damit kommt Kosmat dort zu einer Ablehnung der Deckentheorie, wie sie der Referent vor kurzem aus anderen Gründen auch ausgesprochen hat. Auch in der Annahme der dadurch notwendig werdenden Nord-Süd-Bewegungen in den Ostalpen decken sich unsere Anschauungen; auf die neuartige und anregende Deutung derselben als Verschränkung oder Unterschiebung kann ich hier nicht weiter eingehen.

Auch in den übrigen mediterranen Kettengebirgen (Apenninen, Atlas) fällt das Schweredefizit nicht mit der höchsten Gebirgserhebung zusammen; hier ist es aber nach dem Außenrand hin verschoben, aus Gründen, die wir noch weiter unten besprechen wollen.

Die jungen Kettengebirge werden oft außen und innen von Senken begrenzt, die aber ein ganz ver-

¹⁾ Referat über F. Kosmat, Die mediterranen Kettengebirge und ihre Beziehung zum Gleichgewichtszustand der Erdkrinde. Abhandl. d. mathem.-physik. Kl. d. sächs. Ak. d. Wiss. Bd. 38, Nr. 2, 1921.

schiedenes Verhalten in bezug auf die Schwereverhältnisse erkennen lassen. *Koßmat* unterscheidet hierbei drei Typen, die alle in Europa verwirklicht sind.

1. Im nördlichen Vorland der Alpen (Schweizer Molasseland, oberbayerische Ebene) herrscht ein, wenn auch gegenüber den Alpen abgeschwächtes, immerhin deutliches Schweredefizit. *Koßmat* deutet diese Gebiete — die Vortiefen — als Streifen der leichteren Rinde, welche im Anschluß an die faltende Zusammenstauung mit herabgebogen worden sind, was durch die Mächtigkeit der in ihnen abgelagerten jungen Sedimente noch bekräftigt wird. Oft war diese Abbiegung so gewaltig, daß die Rinde nicht entsprechend elastisch nachgeben konnte; dann entstand am Außenrand der voralpinen Senke ein mehr oder weniger deutlicher, dem Verlauf des Kettengebirges paralleler Bruch (Guadalquivir, Rhonelinie in Frankreich, Donauabbruch der Alb). Die aus dem Untergrund der Faltengebirge und der äußeren Randsenke verdrängten schweren Massen, denen ein plastischer, wenn auch nicht flüssiger Zustand zukommt, werden weiter im Norden gestaut; so sehen wir Schwereüberschüsse unter dem Schwarzwald und weiter im Westen vom Südsporn der böhmischen Masse bis zum polnischen Mittelgebirge.

2. Anders sind die Senken vom Typus der Adria zu deuten. Hier herrscht ein starker Schwereüberschuß und entsprechend ist dieses Gebiet im Sinken begriffen. Nach *Koßmats* Ansicht sind die aus dem Gebiete der apenninischen und westbalkanischen (dinarischen) Faltung verdrängten schweren Massen hierher eingewandert; es liegt hier ein Rest der tiefen Einmuldung — der Geosynklinale — vor, aus der heraus die alpinen Gebirge geboren wurden.

3. Wieder anders verhalten sich einige Gebiete am Innenrand der Kettengebirge, wie die thyrrhenische Senke (westliches Mittelmeer) und die ungarische Tiefebene. Auch hier herrscht ein deutlicher Schwereüberschuß; in diese inneren Gebiete der Faltung scheint ein großer Teil des aus den Faltungsgebieten verdrängten schweren Materials abgewandert zu sein. Diese Streifen befinden sich daher im Zustande dauernder Senkung (italienische Beben). Durch vulkanische Ausbrüche (Italien, Innearkarpathen) verliert das Magma seinen Gasgehalt und wird immer dichter, die Senkung schreitet voran und breitet sich bis in die Teile des Faltungsgürtels hinein fort. Damit ist erklärt, daß, wie anfangs auseinandergesetzt, im Apennin, im Atlas, die Schweredefizite allmählich stark nach außen verlegt werden. Der Schwereüberschuß dauert so lange an, bis er durch Sedimentation, durch Überdeckung mit leichterem Material, wieder aufgezehrt wird. Solche Gebiete sind Sammeltröge für Sedimente, echte Geosynklinale, aus denen heraus später unter Umständen neue Faltengebirge geboren werden können. So bedingt die Faltung eine Verdrängung von schweren Massen des Untergrundes. Diese kann den Senkungsprozeß, eine neue Geosynklinalebildung, und damit eine neue Faltung einleiten. Aus der Lage der karbonischen Falten Mitteleuropas wird der Verlauf der mesozoischen Geosynklinale verständlich, aus diesen die tertiäre Faltung und dann wiederum die Lage der thyrrhenischen Senke, die wieder ein Faltengebirge erzeugen kann. So ist die Bedingtheit von Faltung und Geosynklinale eine gegenseitige.

Ganz anders verhält sich das weitere nördliche Vorland der Alpen, Mitteleuropa. Die alte karbonische Faltung prägt sich im Verlauf der Isanomalien nirgends mehr aus — die Schwereanomalien der paläozoischen

Gebirgsbildung sind ausgeglichen. Die jüngere Tektonik, vor allem der Verlauf der NW streichenden Horste (Harz, Thüringen, böhmische Masse), sind dagegen als sanfte Dichteschwellen bemerkbar, ganz im Gegensatz zu den „leichten“ Faltengebirgen. Dieses eigenartige Verhalten wird vielleicht von praktischer Bedeutung sein. Können doch auf diese Weise durch Schweremessungen variszische Horste auch im Untergrunde der Ebene ermittelt werden und dadurch Stellen gefunden werden, wo eventuell karbonische kohlenführende Schichten in erreichbarer Tiefe anzufahren sind.

Welche Folgerungen für *das Problem der Faltungsursachen* überhaupt darf man nun aus diesen Ergebnissen der Schwerebeobachtungen ziehen? Zunächst deutet das Gebundensein von Schwereunterschieden an junge Faltenzonen und das Erlöschen der Schwereanomalien im Laufe der geologischen Perioden an den Stellen, wo keine Faltung mehr stattfand, darauf hin, daß hier ein ursächlicher Zusammenhang besteht. Dann liegt es aber auch nahe, in diesen Schweredifferenzen, d. h. in der wechselnden Beschaffenheit des tieferen, plastischen Untergrundes der starren Erdrinde und in dadurch erzeugten Bewegungsimpulsen die treibende Ursache der Faltung zu sehen. Die Kontraktions-theorie als solche lehnt *Koßmat* damit allerdings auch ab; er sieht aber in den Geosynklinale und den aus ihnen entstehenden Faltengebirgen nicht Streifen eigener Kraft, sondern weiche, nachgiebige Streifen, die zwischen verschieden bewegten, starren Großschollen mannigfach zusammengestaut worden sind. Darauf deutet verschiedenes hin: erstens der Verlauf der Kettengebirge, die stellenweise eng gerafft sind (Alpen), dann wieder weit auseinandergehen (Karpthen, Dinariden); zweitens ihre Anordnung als endloses Band zwischen den Kontinentalschollen; drittens die auffallenden Homologien im Verlauf alter und junger Faltengebirge (variszisches Gebirge — alpinen Faltenstrang). Alles das ist am bequemsten zu erklären, wenn man in den Kettengebirgen und Geosynklinale „Erweichungsgürtel“ sieht, entstanden zwischen verschieden bewegten Großschollen. Daß diese, d. h. vor allem die kontinentalen Massen, einer Eigenbewegung fähig sind, zeigen nach *Koßmat* schon die eigentümlichen Grabenbrüche, welche diese Schollen durchsetzen (Rheintal, afrikanischer Graben). Ihr Verlauf steht in Beziehung zu den Faltengebirgen und deutet ein Zerbersten dieser starren Schollen während ihres Gleitens über dem Magma an. Die riesige Kontinentaldrift im Sinne der Wegenerschen Theorie möchte *Koßmat* allerdings aus verschiedenen regionalen Gründen ablehnen. Er nimmt bloß an, daß die ozeanischen und kontinentalen Schollen gewissen Veränderungen der Schwereverhältnisse unterworfen sind. Die schwereren ozeanischen Gebiete gehen hierbei rascher zur Tiefe, stellen sich also gleichsam schneller auf ein der immerhin wahrscheinlichen Kontraktion entsprechendes Niveau ein, während die Kontinente zurückbleiben. An den Grenzen ergeben sich dann die günstigsten Bedingungen für die Entstehung von Faltengebirgen, wie wir das etwa am Rande des Stillen und in Teilen des Indischen Ozeans sehen: hier scheint die sinkende Scholle den Faltungsvorgang direkt anzusaugen. Aus der Vereinigung dieser örtlich und zeitlich wechselnden Schwereverhältnisse mit anderen Bewegungsfaktoren, wie sie die Rotation der Erde, die Anziehung durch Sonne und Mond u. a. m. darstellen, ergeben sich wechselnde Bewegungsimpulse für die Großschollen, deren Auslösung aber nicht in ihnen, sondern in den

nachgiebigen Geosynklinalen erfolgt und in der Aufaltung der Kettengebirge einen Ausdruck findet. Die Grundfrage hierbei ist natürlich, wie die Schwere einer Scholle sich verändern kann. *Koßmat* deutet hier vor allem zwei Möglichkeiten an: erstens ist ein Platztausch zwischen schwerem und leichtem Material möglich; das sehen wir zum Beispiel in den Faltengebirgen, in deren Bereich fast immer zunächst schweres basisches, später leichteres saures Material zutage gefördert wurde. Ferner ist eine Verdichtung des Materials durch Erstarrung und Entgasung des Magmas, welches nahe an der Oberfläche liegt, möglich.

So sehen wir, daß *Koßmat* in der Frage der Ursachen der Gebirgsbildung zu einem vermittelnden Standpunkt kommt: Zwar ist die Kontraktion nicht die alleinige und ausschlaggebende Ursache der Tektonik; bei der gegenseitigen Einstellung der großen Schollen der Erdkrinde spielt sie aber eine gewisse Rolle. Die Faltengebirge sind aber auch nicht „Streifen eigener Kraftäußerung“, sondern sie sind passiv zwischen starren Massen zusammengeschoben. Diese wiederum sind einer gewissen Eigenbewegung mächtig, die in der Gesamtheit mehr ein zähes Fließen als ein Schwimmen darstellt und von den Veränderungen der Rindenunterlage getragen wird. Ein Ausgleich der Schwere wird daher nie restlos erreicht, denn die Ungleichheit der Schollen ergibt im Zusammenhang mit anderen geodynamischen Faktoren Bewegungsimpulse, die zu neuen tektonischen Vorgängen führen.

Durch die Beobachtungen der Schwere kommen wir zweifellos der Lösung tektonischer Fragen um einen großen Schritt näher, und *Koßmats* Arbeit stellt eine wichtige Etappe auf diesem Wege dar. Ob die Ablehnung der Permanenz der Ozeane und der Wegener'schen Drifttheorie voll berechtigt ist, soll hier nicht näher untersucht werden. Wir sehen schon aus *Koßmats* Darlegungen, daß der Bewegungsmechanismus der Gebirge nicht durch eine einfache Formel zu lösen ist, daß aber die Erforschung der Unterlage der Erdkrinde für sein Verständnis entscheidend sein wird, denn sie ist die Trägerin der Bewegung. Hierbei sind aber die Schwerebeobachtungen von grundlegender Bedeutung.

S. v. Bubnoff, Breslau.

Besprechungen.

Cloos, Hans, *Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge*. Sammlung Vieweg. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik. Heft 57. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1921. 95 S. 8°. Preis M. 9.— + Teuerungszuschlag.

Überall, wo durch Abwitterung und Abspülung der Erdoberfläche die tieferen Teile der Rinde bloßgelegt sind, treten Gesteine der Gneisgruppe und die sie durchdringenden, bis in den Bereich der höheren Schichten hinaufgreifenden Granitmassen zutage. Die unverkennbare räumliche und zeitliche Beziehung dieser aus erstarrtem Magma hervorgegangenen Bildungen zum Faltungsvorgang in den Gebirgen hat schon früh dazu geführt, den ursächlichen Zusammenhängen zwischen Tiefenvulkanismus und Tektonik nachzugehen. Die Frage, ob das Magma passiv in die Bewegungen der Erdkrinde einbezogen wurde, oder ob sein Empordringen die Ursache der Gebirgsbildung ist, wie die altbekannte Hebungshypothese *Leopold von Buchs* annahm, spielt in der Literatur eine große Rolle. Das gleiche gilt für die Frage, ob der Raum für die enormen Magma-massen durch Ausweichen der Erdkrinde oder durch

Aufschmelzung geschaffen wurde. *Cloos* hat sich die Aufgabe gestellt, durch geologische Feinbeobachtungen an Granitmassiven diesen Problemen näher zu kommen.

Die wohlbekannte Klüftung, die den Granit und verwandte Gesteine in prismatische und kubische Stücke zerlegt, ist nicht eine einfache Schrumpfungerscheinung, sondern steht mit den Druckverhältnissen während und nach der Erstarrung in engem Zusammenhang. Im normalen Falle, wie ihn *Cloos* an dem durch großartigen Steinbruchbetrieb aufgeschlossenen Massiv von Strehlen in Schlesien genau untersuchte, zeigt der scheinbar gleichmäßig körnige Granit eine den Steinbrucharbeitern aus der Erfahrung vertraute „Faserung“ (F), angedeutet durch eine bestimmte Orientierung seiner Bestandteile, besonders des Glimmers und der Feldspäte. Sie zieht bei Strehlen nach ONO, sich unter einem Winkel von wenigen Graden senkend. Entlang dieser Richtung herrschte im erstarrenden, aber noch plastischen Material ein Zug (Dehnung), in den Richtungen senkrecht darauf Druck. Quer zur „Faser“ gebrochen zeigt der Granit eine wesentlich rauhere Hirn- oder Kopfseite (K). Entlang der Faser sind zwei Ebenen durch eine leichtere Teilbarkeit deutlich bevorzugt: die Lagerfläche L, die sich auf Belastungsdruck zurückführt, und die auf ihr nahezu senkrechte, steilstehende Spalt- oder Schieferfläche S. Letztere ist hervorgerufen durch einen gleichfalls während der Erstarrung wirksamen Seitendruck, der von der Tangentialkomponente der gebirgsbildenden Kraft herrührt. Beiden Teilbarkeiten entsprechen meist auch feine, in verschiedenen Abständen auftretende Gesteinsfugen. Die Ebenen L und S sind es, die bei der Verarbeitung des Granits zu Quadern den Ausgang bilden. Außer ihnen beobachtet man steilstehende Querklüfte Q, die etwa senkrecht zur Faser streichen und bei Strehlen unter einem Winkel von ungefähr 60° in westlicher Richtung einfallen; sie sind durch Fortdauer der Dehnung nach bereits vollzogener Erstarrung bewirkt und meist mit feinkörnigen Granitnachschieben (Aplit) aus der Tiefe oder mit Quarz, Strigovit (chloritischer Glimmer) u. a. erfüllt. Nicht selten zeigen sie flachliegende Rutschstreifen als Zeichen dafür, daß differentielle Verschiebungen im zerbrochenen Gesteinskörper auftraten.

Während die genannten Strukturen dem Granit während bzw. nach der Erstarrung aufgeprägt wurden, zeigen nicht selten gewisse Fließformen an Einschlüssen, Schlieren u. dgl., die in der Regel nach der Faserrichtung gestreckt sind, daß schon der Schmelzfluß unter den gleichen Kraftwirkungen stand.

Die Beobachtungen in Steinbrüchen werden durch die Erscheinungen in größeren Granitgebirgen bestätigt. So zeigt das Riesengebirge schon in der Anordnung des Hauptkammes, wie seiner Nord- und Südgrenze die Bedeutung der S-Teilbarkeit, die hier nach OSO läuft; auch die von der heutigen Oberfläche unabhängigen L-Flächen kommen zum Ausdruck, und endlich verraten sich die querlaufenden Dehnungsklüfte Q in zahlreichen Gangspalten, die gleichfalls in den Felsformen hervortreten. Der tektonische Seitendruck wirkte hier in SSW-NNO-Richtung und ist der gleiche, der die Sedimente der Umwallung faltete. Selbstverständlich kann in großen Massiven die Druckrichtung von Ort zu Ort und von Zeit zu Zeit wechseln, so daß auch kompliziertere Bilder entstehen als in den erwähnten Lehrbeispielen.

In der Regel sind außer den Q-Klüften auch Systeme

von *Diagonalspalten* links und rechts davon vorhanden; ihr Verlauf entspricht in ausgezeichneter Weise den sogenannten „*Mohrschen Linien*“, nach denen ein Gestein- oder Metallwürfel zerspringt, wenn er bei technischen Druckversuchen über seine Festigkeit beansprucht wird. Sie sind die Flächen, nach denen die Bruchstücke dem Druck folgen, da die an ihnen ausgelöste Gleitbewegung eine Verschmälerung des Körpers in der Druckrichtung unter gleichzeitigem seitlichen Ausweichen bewirkt. Die Halbierungslinie dieses „*Zugquadranten*“ liegt in der Krafrichtung. Da die Ausweichmöglichkeit nicht nach allen Seiten gleich ist, entstehen durch den bei der Gebirgsbildung wirkenden Seitendruck gewöhnlich Keile, deren Kante in Granitmassiven wegen der hohen Belastung und des vergleichsweise leichteren seitlichen Ausweichens vorwiegend steil steht, so daß sich dann die erzeugten Trennungsflächen in der Horizontalprojektion als Diagonale schneiden, während ihre Ausstriche an den Steilwänden mehr oder minder einander parallel laufen.

Betrachtet man theoretisch die Möglichkeiten, die sich bei Anwendung des Gesetzes der Mohrschen Linien unter den verschiedenen Kombinationen von tektonischem Druck und Schwerkraft ergeben, so lassen sich auch mancherlei allgemeine Beziehungen zwischen den Kategorien der Bruchtektonik, wie Verwerfung, Blattverschiebung und Überschiebung aufstellen. Einige Beispiele — wie die sehr gut kartierten Transversalspalten des Süntisgebirges, die Bruchsysteme des westfälischen Paläozoikums und des Harzes — werden von Cloos hier in den Kreis der Betrachtung hereingezogen, wobei betont wird, welcher bestimmenden Einfluß die alte, auch in den Granitmassiven sichtbare Bruchtektonik auf die jüngeren Bauformen Deutschlands nahm.

Der zweite Hauptabschnitt des Buches befaßt sich mit dem *Aufstieg des Magmas*. Man geht hierbei zweckmäßig von den Faltegebirgen aus, da mit diesen die Entwicklungsreihe der Gebirge überhaupt beginnt. Faltung setzt eine gewisse tangentialen Verschiebbarkeit der Schichtpakete und Schichten voraus (vgl. die Bewegungen der Blätter beim Falten eines dicken Heftes). Es erfolgen dabei besonders an den Faltenscheiteln kleinere und größere Aufblätterungen, die im Bereiche der tiefsten Krustenregionen in der Regel von eindringendem Magma erfüllt werden. Letzteres wird so mit in den Faltungsprozeß hineingezogen und teils in noch plastischem, teils in erstarrtem Zustand jenen Pressungen und Verwalzungen ausgesetzt, die für die kristallinen Schiefer und besonders für die Gneise so bezeichnend sind. Selbstverständlich erfolgen bei diesen innigen Durchmischungen von Sediment- und Magmamaterial auch weitgehende Aufschmelzungen des ersteren, so daß sowohl große Granitgneiskörper wie auch die mannigfaltigsten, mit den Hüllsedimenten innig verwobenen Mischgesteine entstehen. In der Gneisstreckung haben wir die durch intensive tektonische Beanspruchung und Belastung in der plastischen Tiefenregion der Erdkruste erzielte Höchststeigerung der in den Graniten beobachteten Teilbarkeiten vor uns. Schönen Einblick in die eigenartige Gneistektonik bietet z. B. das Erzgebirge, wo Profile durch die scheinbar einfachen Kuppeln einen sehr verwickelten liegenden Faltenfluß enthüllen. (Ref.)

Einen interessanten Einblick in die Art, wie Magma während der Faltung zwischen die Schichten eingepreßt werden kann und als plastisches Material verwendet wird, geben einige eigenartige Intrusivkörper in der Wenderegion vom westsudetischen zum ostsudetischen Stück des variskischen Bogens. Besonders lehrreich ist

hier der von Dr. Bederke studierte halbmondförmige Syenitstock von Reichenbach i. Schles., der in die Aufblätterung einer steilen, gewaltsam umgebogenen Schieferzone eingedrungen ist und teilweise gneisartig deformiert wurde.

Die *erste Phase* (Gneisphase) der magmatischen Tiefenvorgänge geht gemeinsam mit der Hauptfaltung zu Ende, da infolge der Emporpressung der Magmen und der gleichzeitig von oben her einsetzenden Abtragung des Gebirges allmählich eine gegenseitige Annäherung der plastischen Tiefe und der Erdoberfläche eintritt; damit setzt bekanntlich Erstarrung in weiter Ausdehnung ein und das Gebirge reagiert allmählich spröde. Die nun noch flüssig bleibenden Magmaherde stehen unter geringerem Belastungs- und Seitendruck, wir treten in die *zweite Phase* (Phase der Granitbatholithen) ein. Die Granite schließen sich stofflich an die Gneise an, zeigen aber eine deutliche Abschwächung der tektonischen Beanspruchung. Ein viel besprochenes Problem ist das der Raumbeschaffung für diese gewaltigen, diskordant durch die Gneisserie bis in die unveränderte Sedimentdecke durchgreifenden Massive. Nach Cloos vollzieht sich der Vorgang derart, daß der noch fortdauernde tektonische Druck das Magma emporpreßt und zugleich das Nebengestein spaltet. Darauf verweist Beschaffenheit und Verlauf der Klüfte des letzteren, teilweise auch die Anordnung der im Granit schwimmenden, meist scharf umrissenen Schollen. Unter diesem Druck wichen die quer- und diagonal laufenden Spaltenwände unter gleichzeitigem Nachdrängen des Granits zur Seite (*Querdehnung*) und bauchten sich z. T. tonnenförmig aus, wobei Schollen abgespalten wurden und hauptsächlich in der Dehnungsrichtung abwanderten. Auch Aufwölbung des Daches (*Hochdehnung*) fand statt. Je nach den örtlichen Verhältnissen herrscht bei den so wachsenden Batholithen die Form der Quer- oder der Längsmassive, bezogen auf das Streichen des Nebengesteins. Der Aufschmelzung fällt nach Cloos nur ein verhältnismäßig geringer Anteil an der Platzbeschaffung für die Granitstöcke zu — im Gegensatz zur Theorie von Daly, der dem Aufzehren der im empordringenden flüssigen Magma absinkenden Schollen die Hauptrolle zuschiebt, also im wesentlichen Austausch von festem Gestein in Schmelze annimmt. Sicher ist, daß nach der Granitintrusion die Kruste dicker geworden ist und sich höher erhebt; man vergleiche die westergebirgischen Granitmassive, das Riesengebirge u. a. Es findet also ein Massenzuwachs und nicht bloß Umwandlung eines früheren Rindengesteins in ein Schmelzprodukt statt. Beobachtungen ähnlicher Art ist auch W. Penck in den Anden nachgegangen (Abhandl. sächs. Akad. d. Wissenschaften, Leipzig 1919, XXXVII, 2).

Zum Schlusse gibt Cloos noch Betrachtungen über die bekannte Spaltenfrage der Vulkane. Im allgemeinen zeigt sich, daß die Vulkane nicht einfach als Oberflächengebilde über Batholithen der geschilderten Art aufzufassen sind; auch neigt ihr Material mehr gegen die basische Seite. Die Spaltengänge, die sich in der Denudationsreihe der Vulkane als der herrschende Unterbau erweisen, durchschneiden in der Regel bereits die batholithischen Massive, gehören also einer späteren Phase der magmatischen Vorgänge an. Auch hier hat Querdehnung (Zerrung) die Spalten der spröde gewordenen Rinde erweitert und gleichzeitig dem Magma das Aufsteigen bis in jene oberen Regionen gestattet, wo die Kraft der bei der Entlastung und bei der Kristallisation freiwerdenden Gase jene explosiven Erscheinungen auslöst, die das schlotartige Durchbrechen

und die anderen bekannten Erscheinungen des Oberflächenvulkanismus bedingen. Bei den mitteldeutschen Vulkanen, z. B. in der Rhön nach *Grupes* Studien, besteht eine deutliche Beziehung zwischen Vulkanen und solchen Spalten, die bei der herrschenden Druckrichtung am stärksten der Querdehnung unterlagen. Im erwähnten Falle waren es die nordsüdlichen, „rheinischen“ Sprünge, die vermutlich in ursächlichem Zusammenhang mit der Alpenfaltung aufrissen:

So besteht zwischen den Bewegungen des Magmas und der festen Kruste in allen Phasen der Gebirgsbildung eine Wechselbeziehung, die den Tiefenvulkanismus gewissermaßen zu einer Tektonik mit plastischem Material stempelt, wenn auch die Explosivität des Magmas in den oberen Teilen der Erdrinde einen besonderen Zug hineinbringt. Sicherlich verspricht der von *Cloos* eingeschlagene Weg, diesen Fragen durch das Studium des geologischen Feinbaus der Massive näherzukommen, noch weitere wertvolle Fortschritte der Kenntnis. Selbstverständlich muß gleichzeitig die physikalisch-chemische Magmaforschung und die Verwertung der geophysikalischen Ergebnisse weiter ausgebaut werden. Wichtig wäre es auch, die Verbindung zwischen den komplexen Absonderungen der Tiefengesteine und den Erstarrungsklüften der Ergußgesteine herzustellen.

F. Kozmat, Leipzig.

Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, begründet von *Strasburger*, *Noll*, *Schenck*, *Schimper*. 15. Aufl., bearbeitet von *Fitting*, *Jost*, *Schenck*, *Karsten*. Jena, Gustav Fischer, 1921. VIII, 701 S. und 849 Abbildungen. Preis M. 44,—.

Der „Strasburger“ bedarf heute keiner Empfehlung mehr. Die schnelle Folge der Auflagen beweist, daß das Buch sich bewährt hat und daß der Kreis derer, die daraus lernen, noch ständig im Wachsen begriffen ist. Der Plan des Buchs ist unverändert geblieben. Entsprechend dem Bestreben der Verfasser, das Buch durch Berücksichtigung der Neuerscheinungen (über die die Literaturverzeichnisse gut orientieren) auf der Höhe der Zeit zu halten, hat auch diese 15. Auflage mancherlei Änderungen erfahren, die ihren Umfang um zwei Druckbogen vermehrt haben, doch weicht sie im großen und ganzen von ihrer Vorgängerin wenig ab. — In der Morphologie sind zwei instruktive schematische Figuren dazugekommen, die eine die phylogenetische Entwicklung der Gefäßbündeltypen, die andere den Übergang der Leitbündel von Sproß zu Wurzel darstellend. Aus dem Kapitel über Blütenstände ist ein Teil hier weggeblieben und in den 4. Abschnitt (Phanerogamen) aufgenommen worden, wo er tatsächlich besser am Platze ist. Vielleicht bietet sich später Gelegenheit, auch das Kapitel „Fortpflanzungsorgane“ (S. 167 ff.) des 1. Abschnitts durch Beschränkung auf die allgemein wichtigen Tatsachen und unter Hinweis auf den speziellen Teil des Buches etwas zu kürzen, da diese sehr gedrängte Darstellung dem Anfänger, der noch keine genauere Vorstellung vom Entwicklungsgang der Pflanzen hat, Schwierigkeiten bereiten dürfte. — In der Physiologie hat die Darstellung des osmotischen Drucks und Turgors im Anschluß an die präzisen Definitionen von *Ursprung* eine neue Bearbeitung erfahren, das Kapitel „Gärungen“, das über Licht und Wachstum, ferner die Darstellung des Mendelismus sind bedeutend erweitert worden. — Auch die Bearbeitung der Kryptogamen läßt überall die sorgfältig bessernde Hand erkennen, ebenso der letzte Teil (Spermatophyten), von dem namentlich die allgemeinen

Abschnitte einige nützliche Erweiterungen und Veränderungen aufweisen. — Begrüßungswert ist die enge Zusammenarbeit der Verfasser, die dem Buch den einheitlichen Charakter gibt. Einige Mängel, die in dieser Hinsicht früheren Auflagen anhafteten (Definition von Apogamie!), sind gewichen. Die ganz vortreffliche Ausstattung des Buchs (von den 849 Textabbildungen sind 64 farbig) verdient immer wieder hervorgehoben zu werden. Der Preis von 44 M. für das ungebundene Exemplar muß als ein sehr niedriger bezeichnet werden, so daß das Buch nicht nur das Beste, sondern in Anbetracht seines reichen Inhalts auch das billigste der botanischen Lehrbücher genannt werden muß.

H. Kniep, Würzburg.

Mc Keady, Kelvin, Sternbuch für Anfänger. Eine Anleitung zum Auffinden der Sterne und zum astronomischen Gebrauch des Opernglases, des Feldstechers und des Teleskopes. Übersetzt von Dr. *Max Iklé*. Zweite Auflage. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1921. VIII, 150 S., 77 Abbildungen und 2 Tafeln.

Die zweite Auflage ist ein fast völlig unveränderter Neudruck der ersten. Über die erste Auflage hat *Otto Knopf* in Jena an dieser selben Stelle (1914, Heft 38, S. 890) geschrieben.

Die Absicht, die der Verfasser mit dem Buch verfolgt, geht am besten aus seiner Bemerkung hervor, daß er ihm erst den Titel geben wollte: „Die Sterne — ohne alle Astronomie.“ Er wollte ein Werk liefern, das zum genußreichen Betrachten der Sterne anleiten sollte, ohne mathematische Auseinandersetzungen zu bringen. — Was zunächst auffällt, wenn man das Werk in die Hand nimmt, sind die gute Ausstattung und die ausgezeichneten Abbildungen. Die besten photographischen Aufnahmen, welche wir von Kometen, Sternhaufen und Nebeln haben, sind hier wiedergegeben.

Ausführlich wird dem Leser gezeigt, wie er zur Kenntnis der Sternbilder gelangen kann, eine genaue Beschreibung dieser selbst erfolgt an der Hand von 24 Sternkärtchen — 12 „Nachtkarten“ —, welche die Sterne als weiße Punkte auf schwarzem Hintergrund zeigen, und 12 „Ergänzungskarten“, auf welchen die Sterne mit Bezeichnungen versehen und nach ihrer Zugehörigkeit zu einem Sternbild durch Linien miteinander verbunden sind. Auf weiteren 17 Seiten wird der Leser noch mit besonders interessanten Objekten am Fixsternhimmel bekanntgemacht. Ein anderer Abschnitt handelt von der Entfernung der Fixsterne, von ihrer Eigenbewegung senkrecht zur Gesichtslinie und in derselben, von ihrer Helligkeit, von der bei vielen Sternen vorkommenden Helligkeitsänderung, von den verschiedenen Sternfarben, von den Doppelsternen, Sternhaufen und Nebeln.

Während das Werk zur Hälfte seines Umfanges der Betrachtung des Fixsternhimmels gewidmet ist, befaßt sich ein Abschnitt von 35 Seiten mit den zu unserm Sonnensystem gehörigen Körpern einschließlich der Kometen. Für Venus, Mars, Jupiter und Saturn ist in je einer Tabelle für die einzelnen Monate der Jahre 1911 bis 1913 das Sternbild angegeben, in welchem sich der Planet befindet.

Der Unterweisung in der Handhabung des Fernrohres dient ein Abschnitt von 20 Seiten. Zum Schluß des Werkes wird der Liebhaber der Astronomie auf verschiedene Gebiete, in denen er wissenschaftlich wertvolle Beobachtungen anstellen kann, und noch auf einige populäre astronomische Bücher hingewiesen.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 44. (Seite 887—910)

4. November 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Phosphatrohstoffe. Von **V. M. Goldschmidt, Kristiania.** (Mit 3 Abbildungen.) S. 887.

Sedimentation und Gebirgsbildung. Von **Ernst Nowak, Leoben.** S. 892.

Zum ersten Bande der Gesamtausgabe von **Felix Kleins wissenschaftlichen Abhandlungen.** Von **H. E. Timerding, Braunschweig.** S. 897.

Besprechungen:

Gerlach, Walther, Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie. Von **W. Grotrian, Göttingen.** S. 900.

Pax, Ferdinand, Die Tierwelt Schlesiens. Von **Thilo Krumbach.** S. 902.

Kühn, Alfred, Morphologie der Tiere in Bildern. Von **Thilo Krumbach.** S. 902.

Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft. S. 903.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft. S. 905.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten. S. 906—910.

Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. Phytoplankton von Seen aus Mazedonien. Die 3. Tagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie. Parasiten und ihre Bedeutung für die Tiergeographie. Der Melanismus der Nonne, *Lymantria monacha* L. Die pathologische Anatomie der Malaria. Studies on *Giardia microti*. A comparison of the life cycle of crithidia with that of *Trypanosoma* in the invertebrate host. A new morphological interpretation of the structure of *Noctiluca*, and its bearing on the status of the *Cystoflagellata* (Haeckel). The neuromotor apparatus of *Euplotes patella*. Demonstration of the function of the neuromotor apparatus in *Euplotes* by the method of microdissection. Studies on the parasites of the termites. On the morphology and mitosis of *Chilomastix mesnili* (Wenyon).

ZEISS

LUPEN

für

Naturwissen- schaftler und Naturfreunde



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

BERLIN
HAMBURG



WIEN
BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29“ kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuscripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6. 13. 26. 52 maliger Wiederholung
20 20 30 40⁰/₁₀ Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle
übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Test-platten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu ver-langen: Liste über neue Schulsammlung mit Text-heft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften

1915 bis 1920

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Hermann v. Helmholtz

Schriften zur Erkenntnistheorie

herausgegeben und erläutert von

Paul Hertz und **Moritz Schlick**
in Göttingen in Rostock

Dem Andenken
an

Hermann v. Helmholtz
zur Hundertjahrfeier seines Geburtstages

(IX, 175 S.)

Preis M. 45.—; in Ganzleinen gebunden M. 54.—

Inhalt

	Seite
Über den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome	1
Erläuterungen	25
Über die Tatsachen, die der Geometrie zugrunde liegen	38
Erläuterungen	56
Zählen und Messen	70
Erläuterungen	98
Die Tatsachen in der Wahrnehmung	109
nebst zwei Beilagen	
I. Über die Lokalisation der Empfindungen innerer Organe	137
II. Der Raum kann transzendental sein, ohne daß es die Axiome sind	140
III. Die Anwendbarkeit der Axiome auf die physische Welt	142
Erläuterungen	153

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

4. November 1921.

Heft 44.

Die Phosphatrohstoffe¹⁾.

Von V. M. Goldschmidt, Kristiania.

Das Folgende gibt eine kurze Übersicht über die Weltproduktion und die Reserven von Phosphatrohstoffen, unter besonderer Berücksichtigung der Calciumphosphatgesteine. Für die Phosphatgewinnung kommen folgende Rohstoffe in Betracht:

1. Phosphorhaltige Eisenerze, die Rohstoffe des Thomasphosphats.
2. Knochenmehl, Naturdünger und andere organische Abfallstoffe.
3. Calciumphosphatgesteine, die Rohstoffe des Superphosphats.

1. *Phosphorhaltige Eisenerze.* Am wichtigsten unter diesen waren bis jetzt die Minetteerze Lothringens und Luxemburgs, die Quelle des kontinentalen Thomasphosphats, neben geringeren Mengen schwedischer Erze. Die Erzeugung von Thomasphosphat auf dem europäischen Kontinent wurde für 1913 auf 3 Millionen Tonnen geschätzt. Die Vorkommen der Minette sind indessen nicht unbegrenzt. (Man vergleiche „The Iron Ore Resources of the World“, herausgegeben vom internationalen Geologenkongreß, Stockholm 1910.) Dasselbe gilt für phosphorreiche nord-schwedische Erze. Es ist damit zu rechnen, daß diejenigen Eisenerze, welche heute die Hauptquelle des Thomasphosphats sind, im Laufe des 20. Jahrhunderts größtenteils aufgebraucht werden. Hierzu kommt als erschwerender Umstand die neue Lage der Kohlenproduktion nach dem Kriege, die einer wesentlichen Steigerung der Thomasphosphaterzeugung, etwa unter Zusatz niedrigprozentiger Calciumphosphatgesteine, im Wege steht. An wichtigeren Reserven wären gewisse nordfranzösische Erze zu nennen.

2. *Knochenmehl und andere organische Abfallstoffe.* Über die Totalproduktion dieser Phosphatrohstoffe liegen mir keine zahlenmäßigen Angaben vor. Es muß darauf hingearbeitet werden, daß diese Phosphatquelle möglichst restlos ausgenutzt wird, es ist die einzige, die sich dauernd erneuert.

3. *Calciumphosphatgesteine.* Diese sind bei weitem der wichtigste Phosphatrohstoff. Da die Entstehungsweise der Lagerstätten von Bedeutung für die Beurteilung der Produktionsmöglich-

keiten ist, sei zunächst eine kurze geologische Übersicht vorausgeschickt.

Die drei wichtigsten Typen von Calciumphosphatgesteinen sind folgende: a) *Apatitanreicherungen*, die direkt oder indirekt auf Erüptivgesteine zurückzuführen sind. Solche Vorkommen liefern oft ein relativ reiches Produkt, was Gehalt an Phosphorsäure betrifft, die Dimensionen der Lagerstätten sind aber sehr begrenzt. Sie werden daher schnell erschöpft und können heute *keinen irgend wesentlichen Beitrag zur Weltproduktion liefern*, um so weniger, als

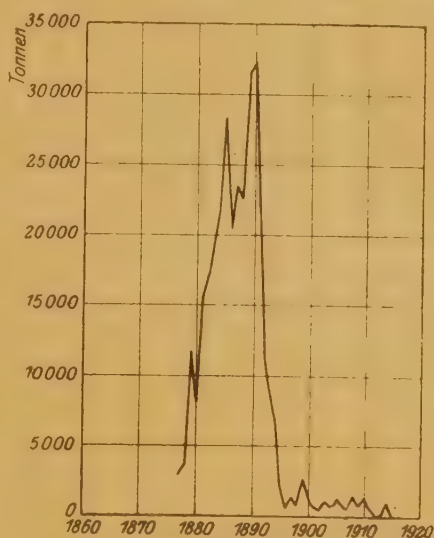


Fig. 1.

Produktionskurve der kanadischen Phosphatgesteine.

der Abbau wegen der unregelmäßigen Form der Lagerstätten nicht so billig ist wie derjenige der sedimentären Phosphatgesteine. Als Beispiel für solche Vorkommen seien die kanadischen angeführt. Obenstehende Produktionskurve (Fig. 1) zeigt den plötzlichen Rückgang seit 1890 der nicht sehr großen Produktion, der durch die Konkurrenz des Floridaphosphats bedingt wurde. Neben dieser Konkurrenz spielt wohl auch eine teilweise Erschöpfung der Vorkommen eine Rolle. Unter keinen Umständen können Lagerstätten dieser Art Apatitmengen von der Größenordnung des jetzigen Weltbedarfs liefern, selbst wenn die Gesteungskosten ganz außer Betracht gelassen werden.

b) *Sedimentäre Phosphatgesteine*, gebildet durch Ansammlung organischer Produkte, die reich an Calciumphosphat sind (Knochen, Exkremente usw.). Dieses ist der bei weitem wich-

¹⁾ Das Zahlenmaterial ist von mir zuerst veröffentlicht unter dem Titel: „Fosfatraastoffene“ in Tidskrift för Kemi og Bergvaesen und Teknisk Ukeblad, Kristiania 1921.

tigste Typus der Calciumphosphatgesteine. Der Phosphatgehalt ist teils gleichmäßig primär in der ganzen Gesteinsmasse verteilt, teils (und dies ist nicht selten) durch sekundäre Prozesse lokal angereichert (durch Metasomatose, durch Alluvial- und Eluvialanreicherungen). Solche lokale Anreicherungen spielen eine bedeutende Rolle im Phosphatbergbau. Beim Abbau werden sie naturgemäß bevorzugt, sehr oft sind solche sekundäre Anreicherungen die einzig bauwürdigen Teile einer Lagerstätte. Die Menge derselben läßt sich meistens nur schwer vorausberechnen, so daß man viele Fälle kennt, in welchen Phosphatbergbau nach Abbau dieser Anreicherungen unerwartet schnell zum Erliegen kam. Hierher gehören die großen Lagerstätten der Vereinigten Staaten und Nordafrikas.

c) *Metasomatische Phosphatgesteine*, die durch chemischen Umsatz zwischen Kalkstein und löslichen Phosphaten entstanden sind, beispielsweise durch Einwirkung von Guano auf Korallenkalk.

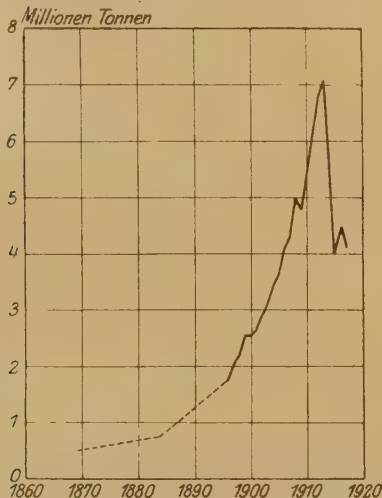


Fig. 2. Entwicklung der Weltproduktion an Calciumphosphatgesteinen (Rohphosphat).

Zahlreiche Vorkommen des Stillen und Indischen Ozeans sind auf diese Weise entstanden. Die Dimensionen solcher Vorkommen sind naturgemäß *recht beschränkt*, auch pflügen sie nur in geringe Tiefe zu reichen, doch sind die Vorkommen *oft sehr hochprozentig*, da die metasomatische Umsetzung naturgemäß bis zur Entstehung reiner Phosphatgesteine verlaufen kann.

Die Entwicklung der Weltproduktion an Calciumphosphatgesteinen (Rohphosphat) ist aus der graphischen Darstellung Fig. 2 ersichtlich. Es sei noch bemerkt, daß die Kurve solche Phosphatgesteine umfaßt, die zur Darstellung von Superphosphat geeignet sind, nicht dagegen geringprozentige Phosphate, die als Zuschläge bei der Thomasphosphatbereitung mancherorts gewonnen werden, die aber heute im Verhältnis zur Weltproduktion an reicheren Phosphaten quantitativ wenig in Betracht kommen. Man beachte den steilen Anstieg der Kurve in den letzten Jahr-

zehnten (abgesehen von dem durch den Krieg bedingten Rückgang), ein Anstieg, der noch steiler ausfallen würde, wenn man statt der Tonnenmenge der Rohphosphate ihren Gehalt an reinem Phosphat aufgetragen hätte, welcher von 1890 bis 1910 nicht unbeträchtlich gestiegen ist (von schätzungsweise 55% bis über 70% Tricalciumphosphat). Die älteren Teile der Produktionskurve, für welche mir keine genauen Zahlenunterlagen vorliegen, sind punktiert.

Im folgenden soll eine ganz kurze Aufzählung der wichtigsten heute produzierenden Lagerstätten und der bis jetzt bekannten Rohstoffreserven, geordnet nach Weltteilen, gegeben werden.

Nordamerika.

Vereinigte Staaten.

Das wichtigste Produktionsland für Calciumphosphatgesteine sind die Vereinigten Staaten, die etwa die Hälfte der heutigen Weltproduktion liefern. Die Kurve Fig. 3 zeigt die Entwick-

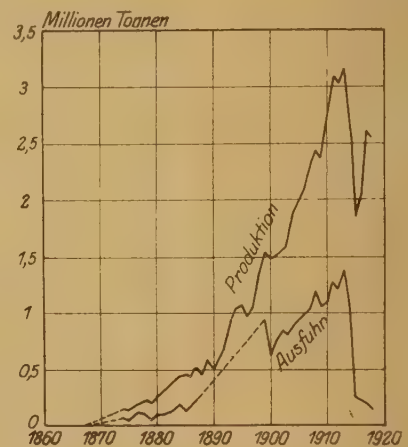


Fig. 3. Erzeugung und Ausfuhr von Calciumphosphatgesteinen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika.

lung der Produktion und der Ausfuhr²⁾. Bemerkenswert ist der außerordentliche Rückgang der Ausfuhr in den letzten Jahren. Hauptursache dieses Rückgangs sind zwar die Verschiffungsschwierigkeiten seit 1914 und späterhin die finanzielle Lage in vielen europäischen Ländern; der Rückgang wird aber großenteils dauernd sein, da inzwischen der amerikanische Inlandsmarkt an Aufnahme großer Phosphatmengen gewöhnt worden ist.

Die jährliche Totalproduktion der Staaten an Rohphosphat beträgt etwa 3 Millionen Tonnen. Demgegenüber stehen die großen Phosphormengen, welche die amerikanische Landwirtschaft jährlich ihren Böden *entzieht*. Bereits 1909 wurde die jährliche Entnahme von Phosphor aus amerikanischem Ackerboden auf 6 Millionen

²⁾ Da ich für die Ausfuhr 1887–1898 kein Zahlenmaterial besitze, ist dieser Teil der Ausfuhrkurve punktiert. Dasselbe gilt für den Zeitraum 1868–1874.

Tonnen Rohphosphat geschätzt, mehr als das Doppelte der damaligen amerikanischen Rohphosphatproduktion. Hierzu kommt der ständig steigende Bedarf an Phosphat für Bodenverbesserungen, besonders in den Gebieten des Westens und künftig auch im großen zentralen Ackerbaugebiet. Man wird wohl in absehbarer Zeit mit einem Eigenbedarf der Vereinigten Staaten von etwa 10 Millionen Tonnen Rohphosphat rechnen müssen.

Man sieht in den Vereinigten Staaten schon lange ein, daß Florida, der jetzige Hauptproduktionsstaat, seine jährliche Förderung nicht wesentlich steigern und auch die jetzige Produktion nicht sehr lange aufrecht erhalten kann. Allerdings sind die zahlenmäßigen Angaben widerspruchsvoll. Van Horn (U. S. A. Geol. Surv. Bull. 394, S. 165) berechnet 1909 die damalige Reserve an Floridaphosphat zu 15 Millionen Tonnen. Seitdem sind aber in Florida (1909—1918) über 20 Millionen Tonnen produziert worden. Wir können die jetzt noch vorhandenen gewinnbaren Reserven in Florida auf Grundlage ähnlicher Voraussetzungen wie van Horns noch auf 20 Millionen Tonnen schätzen³⁾.

Für den steigenden zukünftigen Verbrauch in den Vereinigten Staaten rechnet man hauptsächlich mit zwei Reserven, mit Tennessee und dem „Westlichen Phosphatgebiet“ in den Staaten Idaho, Utah, Wyoming und Montana. Die Reserven von Tennessee werden auf etwa 100 Millionen Tonnen geschätzt, die des westlichen Gebiets (nach den Zahlen in „Mineral Resources of the United States“, besonders 1918, II) auf etwa 6000 Millionen Tonnen. Indessen ist die Lage dieser Reserven, insbesondere des „Westlichen Phosphatgebiets“ eine solche, daß ein Export erst nach Sättigung des Inlandbedarfs in Frage käme, um so mehr, als das westliche Gebiet nahe an die größten Agrikulturgebiete der Vereinigten Staaten angrenzt. Auch ist zu bemerken, daß der größte Teil dieser Reserven nur durch Bergbau, nicht durch Tagebau gewonnen werden kann, wodurch erstens die Produktionskosten erhöht werden, zweitens die wirklich gewinnbare Menge hinter der tatsächlich vorhandenen zurückbleibt.

Die allgemeine Steigerung der Frachten für Land- und Seetransport verglichen mit der Vorkriegszeit wird auch dazu beitragen, den Bezug von solchen Phosphaten zu erschweren, die erst über das Gebirge nach dem Stillen Ozean transportiert werden müßten, von dort zu Schiff nach Europa. Ganz besonders ist aber zu beachten, daß die zahlenmäßige Schätzung der westlichen Phosphate auf der Voraussetzung beruht, daß die am Ausgehenden der Lagerstätten beobachteten

hohen Prozentgehalte (durchschnittlich 72 % Tricalciumphosphat) auch tatsächlich einen Durchschnittswert für die gesamten Lagerstätten darstellen. Es ist aber wohl denkbar, daß ein Teil dieser hohen Werte durch Sekundäranreicherung an der Oberfläche bedingt ist, und dann wären die Vorratsangaben entsprechend zu reduzieren.

Immerhin sind auch ungünstigstenfalls sehr große Mengen niedrigprozentiger Phosphatgesteine in den Vereinigten Staaten vorhanden (30—50 % Tricalciumphosphat), deren Nutzbarmachung wohl nur eine Zeitfrage ist. In den Vereinigten Staaten werden bereits in recht großem Maßstabe gemahlene Phosphatgesteine direkt zu Düngezwecken angewandt (schon lange ist dies der Fall in Frankreich und Belgien). *Vielleicht ist dies die zukünftige Lösung der Phosphatfrage*, da eine chemische Verarbeitung armer Phosphatgesteine nach den bisherigen Verfahren relativ kostspielig ist⁴⁾. Aber schon eine weite Verfrachtung armer Phosphatgesteine (eventuell aus dem „Westlichen Gebiet“ nach Europa) würde eine wesentliche Verteuerung aller Bodenprodukte verursachen. Jedenfalls muß man mit der Tatsache rechnen, daß die Vereinigten Staaten nicht mehr sehr lange hochprozentiges Floridaphosphat ausführen werden.

Kanada.

Die kanadischen Apatitvorkommen in den Provinzen Quebec und Ontario spielen heute keine Rolle für den Weltbedarf (vgl. Fig. 2). Nach Zeitungsberichten soll im westlichen Teil von Kanada die nördliche Fortsetzung des „Westlichen Phosphatgebiets“ gefunden sein. Eine eventuelle Nutzbarmachung dieser Vorkommen würde wohl ausschließlich der kanadischen Landwirtschaft zugute kommen, die wohl bald reichlicher Phosphatdüngung bedürfen wird.

Süd- und Mittelamerika.

Die Phosphatproduktion einiger westindischer Inseln ist nicht unbedeutend (Aruba und Curaçao etwa 100 000 Tonnen jährlich), die Reserven können auf höchstens einige Millionen Tonnen geschätzt werden. Dazu kommen noch einige Guanovorkommen von jetzt nur noch lokaler Bedeutung (Peru) und ein noch unerschlossenes Phosphatvorkommen in Chile. Demgegenüber ist ein sehr starker Bedarf für Phosphatdünger zukünftig zu erwarten (Argentin⁵⁾).

Übrigens wäre die geologische Möglichkeit größerer Phosphatfunde in Südamerika nicht von der Hand zu weisen.

⁴⁾ In den Vereinigten Staaten legt man neuerdings viel Gewicht auf ein neues Verfahren zur Ausnutzung armer Phosphatgesteine mittels Abdestillation des Phosphorgehalts, Oxydation des Phosphordampfes zu Pentoxyd und Vertrieb des Produkts in Form von Ammoniumphosphat.

⁵⁾ Es ist allerdings auch zu berücksichtigen, daß diese Viehzucht treibenden Gebiete stets über recht bedeutende Mengen animalischer Phosphatprodukte verfügen werden.

³⁾ Geschäftsberichte amerikanischer Phosphatproduzenten rechnen allerdings mit weit größeren Reserven an Floridaphosphat (von der Größenordnung 200 Millionen Tonnen), die offizielle Statistik scheint diese Beurteilung jedoch nicht zu teilen.

Afrika.

Von afrikanischen Lagerstätten kommen nur die nordafrikanischen in Betracht. Diese sind *nächst den nordamerikanischen die wichtigsten* der Welt, sowohl was gegenwärtige Produktion als Reserven anbelangt.

Eine lange Zone von Phosphatgebieten erstreckt sich von Westen nach Osten längs der Nordküste des ganzen Erdteils. Im Westen beginnt die Phosphatzone bereits in Marokko, obwohl hierüber bisher nur wenige verlässliche Angaben öffentlich vorlagen. (In der allerletzten Zeit sind Angaben über anscheinend sehr bedeutende Phosphatlagerstätten in Marokko veröffentlicht worden.) Östlich davon liegen die Lagerstätten von Algier mit einer Jahresproduktion von 411 000 Tonnen (1912). Sicher bekannte Reserven wurden vor dem Krieg zu 17 Millionen Tonnen angegeben, dazu kommen noch Angaben über weitere 400 Millionen Tonnen, die aber nicht mit demselben Grade von Sicherheit berechnet sind. *Am wichtigsten* unter allen afrikanischen Vorkommen sind heute die *Lagerstätten von Tunis* mit einer Jahresproduktion (1913) von 2 228 000 Tonnen. Sicher bekannte Reserven werden zu 36 Millionen Tonnen angegeben, dazu müssen weitere Reserven zu sicher mehreren Hunderten Millionen Tonnen geschätzt werden. Tripolis soll die östliche Fortsetzung der süd tunesischen Vorkommen enthalten. Weiter findet sich Phosphat in Ägypten, wo 1916 125 000 Tonnen gewonnen wurden. Das ägyptische Phosphat bildet meist nur dünne und unregelmäßige Bänke, soll aber über große Gebiete verbreitet sein. Es liegen zahlenmäßige Schätzungen für mehrere der Vorkommen vor, die aber wegen der Unsicherheit der Unterlagen nur als wahrscheinliche Reserven in Rechnung gesetzt werden mögen, nämlich etwa 40 Millionen Tonnen.

Die nordafrikanische Jahresproduktion hat somit in den Jahren vor dem Kriege etwa 2,8 Millionen Tonnen betragen mit einer sicheren Reserve von etwa 53 Millionen Tonnen und einer möglichen (oder teilweise sehr wahrscheinlichen) Reserve von vielleicht 600—700 Millionen Tonnen. Die Unsicherheit dieser Zahlenangaben ist groß, auch muß berücksichtigt werden, daß die Phosphate hier größtenteils durch Bergbau gewonnen werden müssen, daß also die wirklich *gewinnbare* Menge geringer ist als die überhaupt *vorhandene*. Auch bei mehreren der afrikanischen Lagerstätten hat die Erfahrung gezeigt, daß man die reichsten Phosphatgesteine nahe der Oberfläche anzutreffen pflegt (Sekundäranreicherung), so daß man wohl auch für die afrikanische Produktion mit einer zukünftigen Verminderung des Durchschnittsgehaltes rechnen muß, sobald die reichsten Teile der Lagerstätten abgebaut sind.

Inseln des Stillen und des Indischen Ozeans.

Folgende Zahlen mögen Produktionsvermögen und Reserven erläutern:

	Jahresproduktion Tonnen	Reserven Tonnen
Rasa-Insel (östlich Formosa) (1915)	50 000	2,8 Mill.
Angaur-Insel..... (1913)	90 000	3 „
Feis-Insel..... — —	—	0,3 „
Huon-Insel (nordwestlich von Neukaledonien)..... (1915)	8 400	(?) „
Christmas-Insel..... (1912)	300 000	5 (?) „
Ocean-Insel..... } ... (1910)	310 000	{ 12 „
Pleasant-Insel (Nauru) } ...		{ 40 „
Makatea..... (1917)	114 000	10 „
Gesamtproduktion... etwa	0,9 Mill. Tonnen	Reserven etwa 70 Mill. Tonnen ⁶⁾

Für die oben aufgezählten Vorkommen liegen meist etwas genauere Daten über Reserven vor, als sonst bei Phosphatlagerstätten. Dies liegt in der örtlich begrenzten Natur dieser Lagerstätten.

Von mehreren andern Inseln dieses Gebiets wird ebenfalls Phosphat angegeben, wahrscheinlich würde eine genaue geologische Durchforschung neue Lagerstätten finden lassen.

Zur Bildung einer reichen „Phosphatinsele“ sind bekanntlich ganz bestimmte geographische, geologische und klimatologische Bedingungen notwendig. Erstens muß die Insel weit von andern Landgebieten entfernt sein, damit die Vögel einer sehr großen Meeresfläche auf die Insel als Brut- und Ruheplatz angewiesen sind. Dazu muß die Insel möglichst klein sein, damit die „Bevölkerungsdichte“ an Vögeln größer wird. Zweitens muß der Untergrund der Insel aus einem Gestein bestehen, das sich mit löslichen Exkrementphosphaten zu unlöslichen Phosphaten umsetzt; Kalkstein, beispielsweise Korallenkalk, erfüllt diese Bedingung. Drittens muß das Klima, wenigstens periodisch, trocken sein, damit die primären Phosphate nicht fortgeschwemmt werden, ehe sie sich mit dem Untergrund umgesetzt haben.

Auf dem australischen Kontinent und den großen Inseln finden sich einige geologisch meist etwas ältere Phosphatlagerstätten, die aber ganz unbedeutend zu sein scheinen und nicht einmal den Bedarf der lokalen Landwirtschaft decken können.

⁶⁾ Unter den verschiedenen Zahlenangaben, betreffend die Phosphatreserven auf diesen Inseln, habe ich den Mitteilungen der U. S. A. Geol. Survey das Hauptgewicht beigelegt, da sie offenbar auf sehr nüchternen Schätzungen beruhen. Indessen sei erwähnt, daß für Angaur Schätzungen bis 6 Millionen Tonnen vorliegen, Feis bis 0,6 Millionen, Ocean bis 15 Millionen, Nauru angeblich bis 300 Millionen, Makatea bis 30 Millionen. Die Totalsumme beträgt somit maximal 360 Millionen Tonnen, eine sicherlich zu hohe Zahl. Setzt man für Nauru 100 Millionen Tonnen, entsprechend dem Material in W. A. Dyes Handbuch der Weltwirtschaftschemie, Bd. I, S. 228, 1921, und behält für die anderen Inseln die oben genannten Zahlen, so erhält man als Totalvorrat etwa 130 Millionen Tonnen.

Europa.

Die früher wichtigen Phosphatlagerstätten Europas, wie etwa diejenigen in Großbritannien, Frankreich, Belgien, Spanien sind beinahe oder ganz erschöpft (vielleicht mit Ausnahme der spanischen Vorkommen) und können höchstens noch für einige Jahre einen Teil des lokalen Bedarfs decken. *Das einzige Land in Europa, das noch über bedeutende Phosphatmengen verfügt, ist Rußland, das besonders im Süden reich an Phosphat ist.* Die Angaben in der Literatur sind zum Teil widerspruchsvoll, es werden bis 1500 Millionen Tonnen angegeben. Selbst wenn wirklich so große Gesamtmengen Phosphatgestein vorhanden sein sollten, so muß doch damit gerechnet werden, daß der überwiegende Teil dieser Reserven eine so geringe Mächtigkeit besitzt und so niedrigprozentig ist, daß ein lohnender Abbau zurzeit nur für einen kleinen Teil der Vorkommen in Frage käme. Eine industrielle Erschließung der Lagerstätten würde wohl ganz überwiegend der russischen Landwirtschaft zugute kommen.

Asien.

Angaben über Phosphatvorkommen auf dem asiatischen Kontinent liegen nur spärlich vor. In Palästina und Syrien trifft man ganz schwache Ausläufer der großen nordafrikanischen Phosphatzone, die aber höchstens für den lokalen Bedarf einige Bedeutung gewinnen könnten. Aus Sibirien werden für die Gouvernements Uralsk und Turgai etwa 700 Millionen Tonnen niedrigprozentiger Phosphate (nur etwa 40 % Tricalciumphosphat) angegeben. Eine eventuelle Nutzbarmachung käme vorwiegend für die sibirische Landwirtschaft in Betracht. Es ist als wahrscheinlich anzunehmen, daß bei weiterer Erforschung noch andere asiatische Lagerstätten aufgefunden werden. Ob sich darunter solche von weltwirtschaftlicher Bedeutung (unter Berücksichtigung der Transportmöglichkeiten) finden werden, ist allerdings zweifelhaft.

Zusammenfassung.

Ogleich den vorhandenen Zahlen große Unsicherheit anhaftet, soll doch versucht werden, einen Überblick über die Gesamtreserven zu geben. Die Phosphate werden hierbei eingeteilt in „reiche“ (60—75 % Tricalciumphosphat) und „arme“ (meist um 50 % oder darunter). Heute können nur „reiche“ Phosphate mit Vorteil in großem Maßstabe ausgenutzt werden, falls ihre Lage nicht eine besonders günstige ist.

Sichere Reserven reicher Phosphate in günstig gelegenen Lagerstätten.

Florida	20 Millionen Tonnen
Westindien	3 „ „
Nordafrika	53 „ „
Stiller und Indischer Ozean	70 „ „
Summe	146 Millionen Tonnen,

entsprechend 21 Jahren bei einem Weltverbrauch von 7 Millionen Tonnen (1913).

Wird die Reserve von Tennessee trotz der für Verschiffung etwas weniger günstigen Lage hierzu gerechnet, und werden die Reserven von Florida auf 100 Millionen Tonnen geschätzt statt auf 20 (was sicher nicht zu ungünstig ist), die des Stillen Ozeans auf 130 Millionen Tonnen (vgl. Fußnote 6, S. 890) und werden ferner noch 100 Millionen Tonnen der wahrscheinlichen und möglichen afrikanischen Reserven (siehe unten) als sicher und als schon heute bauwürdig gerechnet, so erhielte man als Reserven reicher Phosphate in günstiger Lage: 486 Millionen Tonnen, entsprechend etwa 70 Jahren. Hierbei ist die wahrscheinliche große Zunahme des Phosphatbedarfs nicht berücksichtigt.

Je nachdem, ob man die ungünstigen oder günstigen Vorratseinschätzungen zugrundelegt, erhielte man somit *eine durchschnittliche Lebensdauer der heute wichtigsten Phosphatlagerstätten von 21—70 Jahren.* Eine Steigerung des Jahresbedarfs auf etwa 12 Millionen Tonnen, die unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Verhältnisse in Amerika durchaus möglich erscheint, würde *die Lebensdauer der Lagerstätten entsprechend verkürzen*, falls dieser Mehrbedarf nicht durch Erschließung neuer Vorkommen, insbesondere des amerikanischen „Westlichen Phosphatgebiets“ gedeckt wird.

Reserven weniger günstiger Lage und arme Phosphate samt zahlenmäßig unsicheren Angaben.

Vereinigte Staaten, westliches Phosphatgebiet	6000 Mill. Tonnen
(Ungünstige Lage für überseeische Verschiffung, teilweise vielleicht auch ärmer als angenommen)	
Nordafrika	500—600 Mill. Tonnen
(Zahlenangabe sehr unsicher. Reserven aber jedenfalls sehr bedeutend) ⁷⁾	
Rußland	1500 Mill. Tonnen
(größtenteils, vielleicht sogar überwiegend armes Phosphat)	
Sibirien	700 Mill. Tonnen
(sehr armes Phosphat)	
Summe etwa	9 Milliarden Tonnen

Eine Ausnutzung der zuletzt aufgezählten Reserven (mit alleiniger Ausnahme eines Teiles der nordafrikanischen und vielleicht eines Teiles der russischen Vorräte) muß mit einer wesentlichen Verteuerung der Phosphatprodukte verknüpft sein, wenigstens gilt dies für den europäischen Bedarf.

⁷⁾ Auf Grundlage der Literaturangaben möchte ich annehmen, daß etwa 100 Millionen Tonnen der wahrscheinlichen afrikanischen Phosphatreserven schon heute bauwürdig sind. Ich habe diese deshalb zu den Vorräten erster Art, günstigster Schätzung, zugezählt, siehe oben.

Unser Zahlenmaterial ergibt somit, daß die bis jetzt bekannten Phosphatlagerstätten der Erde nicht für eine Belieferung der Landwirtschaft in sehr weiter Zukunft ausreichen, wenigstens nicht zu den bisherigen Gestehungskosten der Phosphatdüngemittel, es sei denn, daß neue Verfahren zur Nutzbarmachung ärmerer Phosphate gefunden werden und daß Massentransporte wesentlich verbilligt werden. Es liegt aber kein Grund vor, deswegen an der Zukunft der menschlichen Ernährung zu verzweifeln; als Rettung bleibt immer noch das „chinesische Prinzip“, alle phosphathaltigen Abfallstoffe wiederum der Landwirtschaft zurückzuerstatten, ein Prinzip, das allerdings eine gewisse Umgestaltung mancher hygienischer Errungenschaften erfordern würde. Betrachtet man die gesamten Düngestoffe als Bestandteile der festen, flüssigen und gasförmigen Erdhülle, so ergibt es sich, daß an Stickstoff offenbar nie mehr ein Weltmangel eintreten kann, seitdem man gelernt hat, den atmosphärischen Stickstoff nutzbar zu machen; auch an Kali wird wohl niemals, selbst nach einer Erschöpfung der sedimentären Kalisalze in sehr ferner Zukunft, ein absoluter Mangel eintreten, da die feste Erdrinde durchschnittlich drei Prozent Kali enthält. Ähnliches gilt für die allverbreiteten Aufbaustoffe Eisenoxyde, Magnesia, Kalk. Viel ungünstiger steht es mit der Phosphorsäure. Der durchschnittliche Gehalt der festen Erdrinde an Phosphorpentoxid beträgt nämlich nur 0,2—0,4 % und ist in bedeutenden Gebieten sogar noch beträchtlich niedriger.

Der Größenordnung nach ist Phosphorsäure also zehnmal seltener als Kali, Kalk und Magnesia. Hierin liegt die eigentliche Ursache des „Phosphatproblems“. Die Naturentwicklung hat gewissermaßen einen wirtschaftlichen Fehlgriff getan, als sie zum Aufbau der organischen Welt einen so seltenen Stoff wie Phosphor benutzt hat. Und da wir nicht in der Lage sind, den Phosphor in unsern und unserer Haustiere Körper ganz oder teilweise durch andere Elemente zu ersetzen, etwa durch Übergang zu Silikatknochen, bleibt uns nichts übrig, als mit allen Mitteln für eine möglichst wirtschaftliche Ausnutzung der Phosphatrohstoffe zu wirken.

Literatur:

Außer den bekannten Handbüchern:

Schucht, Die Fabrikation des Superphosphats, 1909,
Stutzer, Die wichtigsten Lagerstätten der Nichteze,
Bd. I, 1921,

Dammer-Tietze, Die nutzbaren Mineralien Bd. II, 1914,
W. A. Dyes, Internationales Handbuch der Weltwirtschaftschemie Bd. I, 1921,

dienten hauptsächlich folgende Quellen für statistisches Material:

„Mineral Resources of the United States“, herausgegeben von U. S. A. Geol. Survey, Bände 1883 bis 1918, worin auch zahlreiche Angaben über Produktion und Reserven anderer Länder.

Ferner:

U. S. A. Geol. Surv. Bull. 340, 394, 430, 470, 530, 577,
Annual Report, Geol. Surv., Canada, Bände 1885—1895,
und

O. Tietze, Die Phosphatlagerstätten von Algier und Tunis, Zeitschr. prakt. Geol. 1907, S. 229.

Von Bedeutung für die Phosphatfrage sind ferner die Schriften des amerikanischen Geologen und Staatsmannes van Hise (um 1910), mir hier nur im Auszuge zugänglich.

Sedimentation und Gebirgsbildung.

Von Ernst Nowak, Leoben.

Der Sedimentationsvorgang gehört zu den fundamentalsten Erscheinungen des geologischen Geschehens. Der größte Teil der uns auf der Erdoberfläche entgegentretenden Gesteine ist das Ergebnis dieses Vorganges und die Sedimentgesteine mit ihren Einschlüssen von Resten früheren organischen Lebens sind es, die sozusagen das ureigenste Forschungsgebiet der Geologie, das der Schichtenlehre oder Stratigraphie darstellen.

Bei oberflächlicher Betrachtung erscheint der Vorgang der Sedimentation, der im wesentlichen im Absetzen fester Bestandteile aus dem Wasser besteht¹⁾, im Verhältnis zu anderen, schwierigen Problemen der dynamischen Geologie (z. B. des Vulkanismus, der Gebirgsbildung) einfach, und man hat sich tatsächlich mit dem Vorgang als solchem bis in jüngere Zeit verhältnismäßig wenig befaßt, die Sedimentgesteine meist als etwas Gegebenes aufgefaßt und sich lange damit begnügt, sie nach systematischen Gesichtspunkten (petrographischen, faunistischen) zu beschreiben und zu klassifizieren. In neuerer Zeit begann dann auch — dem allgemeinen Zuge in der Wissenschaft folgend — das genetische Moment bei Betrachtung der Sedimente in den Vordergrund zu rücken. Man schenkte — hauptsächlich durch Vergleich mit heute zu beobachtenden Sedimentationsvorgängen, zu der die junge ozeanographische Forschung Gelegenheit bot²⁾ — nun, vor allem auch der „Facies“ der Sedimente mehr Beachtung, d. i. der Ausbildungsweise der Sedimentgesteine sowohl nach petrographischer wie paläontologischer Hinsicht, wie sie durch die örtlichen Verhältnisse während des Absatzens bedingt ist. Man begann also damit, die Gesteine als etwas Gewordenes in ihren Wechselbeziehungen zur Umwelt zu betrachten.

Diese verschiedenen Momente, welche die Facies eines Sedimentes bedingen, sind im wesentlichen: der Charakter des Gewässers, in dem das Absetzen erfolgt (fließend, stehend, Meer oder See), die geographische Lage, die Wassertiefe und die Landnähe oder -ferne. Nach letzteren Gesichtspunkten unterscheiden wir daher z. B. unter den marinen Ablagerungen: „litorale“ (Küsten-), „neritische“ (Schelf-), „bathyale“ (Tiefsee-) usw.

¹⁾ Die eine nicht geringe Rolle spielende Sedimentation auf dem Lande möge hier außer Betracht bleiben.

²⁾ Das große Verdienst, die ontologische Methode in die Geologie eingeführt und auf deren Bedeutung hingewiesen zu haben, gebührt Joh. Walter, dessen „Einführung in die Geologie als historische Wissenschaft“ (3 Bde., Jena 1893/94) immer ein Markstein in der Entwicklung der geologischen Wissenschaft bleiben wird.

Bildungen, eine Betrachtungsweise, die auch in die modernen Lehrbücher erhöhten Eingang gefunden hat.

Die Tatsache, daß in unserem geologischen Formationssystem gleichaltrige Bildungen an verschiedenen Orten in verschiedener Facies entwickelt sind, ist schon seit längerer Zeit — seit sich der geologischen Forschung weitere Räume erschlossen haben — unter dem Terminus der „heteropischen Entwicklung“ einer Formation bekannt; die Erscheinung als solche bezeichnet man auch als „*horizontale Faciesdifferenzierung*“. Sie ist nichts anderes als der Ausdruck für die verschiedenen topographischen und physikalischen Verhältnisse in den Sedimentationsräumen einer früheren Epoche.

Andererseits ändert sich aber das sich an ein und derselben Stelle bildende Sediment im Laufe des Absetzens in seiner Facies, und zwar allmählich oder auch jäh — ein Zeichen, daß sich auch die *Absetzbedingungen* mit der Zeit ändern; wir sprechen von diesem Vorgang als von der „*vertikalen Faciesdifferenzierung*“. Diese Änderung im faciiellen Charakter eines Sedimentes erfolgt innerhalb eines längeren Zeitraumes in der Regel mit einer gewissen Gesetzmäßigkeit³⁾. Es ergibt sich ein „Sedimentationszyklus“, der im allgemeinen darin besteht, daß sich Sedimente tieferen und landferneren Wassers zu solchen immer seichteren und landnäheren entwickeln und schließlich sogar in Landbildungen übergehen können. Es spricht sich darin der natürliche Vorgang der Auffüllung eines Sedimentationsbeckens durch die Sedimentbildung aus.

Mit den Ursachen der zahlreichen Abweichungen von diesem „normalen“ Sedimentationszyklus hat man sich bis vor kurzem — von allgemeinen Betrachtungen abgesehen — ebenso wenig befaßt wie mit der Erklärung der Erscheinung, daß sich aus „isopischen“ (d. h. aus an verschiedenen Orten faciiell gleichartig entwickelten) Bildungen heteropische oder faciiell differenzierte herausentwickeln können. Es liegen hier Fragen, die tief in das innige Wechselspiel der erdgeschichtlichen Vorgänge hineingreifen, Fragen, deren Aufhellung manches Licht in die noch so dunklen Zusammenhänge des unendlich verwickelten Vorgangskomplexes der Erdentwicklung werfen können. Tatsächlich haben sich in dieser Richtung in neuerer Zeit schon einige grundlegende Erkenntnisse Bahn gebrochen, die einen ganz wesentlichen Einfluß auf die Ausgestaltung der modernen Geologie genommen haben und daher vom Standpunkt der gesamten Naturwissenschaften nicht mehr unbeachtet bleiben dürfen.

Wir denken hier zunächst an die *Geosynklinaltheorie*.

Eine der häufigsten und auffallendsten Ab-

weichungen von der Entwicklung einer Sedimentationsfolge im normalen Zyklus ist die, daß der Charakter der Sedimente durch ungeheure Zeiten hindurch sich nicht geändert hat und uns infolgedessen überaus mächtige, eintönige Schichtmassen vorliegen. Vielfach sind diese Bildungen Absätze geringer Meerestiefe, und wir gelangen so zu dem scheinbar paradoxen Ergebnis, hier 1000 m und mehr mächtige Flachseeablagerungen vor uns zu haben. Hier müssen wir ebenso wie in jenen Fällen, wo mehrere Sedimentationszyklen mehr oder minder vollständig aufeinander folgen oder der Zyklus in umgekehrter Folge abläuft, zu der Erklärung greifen, daß der Sedimentationsraum in kontinuierlicher, mit der Sedimentation Schritt haltender, oder in ruckweiser oder endlich in rascher, der Sedimentationsgeschwindigkeit bedeutend überlegener *Senkung* begriffen war. In ersterem Falle bleibt sich der Sedimentcharakter gleich, im zweiten Falle folgen mehrere Zyklen aufeinander, und im letzten Falle verläuft der Zyklus in umgekehrter Reihenfolge. Es sind demnach überhaupt Räume langanhaltender Sedimentation stets als Senkungsgebiete innerhalb der Erdoberfläche anzusehen — es sind die sog. *Geosynklinalen* (wie sie Dana erkannt hat) oder Sedimentationströge. Diese Geosynklinalräume haben eine große Beharrlichkeit fast die ganze Erdgeschichte hindurch bewahrt und stehen den Räumen verhältnismäßig geringer und lückenhafter Sedimentation gegenüber, also solchen, die vorherrschend Festland bildeten: den *Geoantiklinalen*. Diese Erkenntnis hat die Lehre von der Permanenz der Ozeane und Kontinente begründet.

James Hall hat dann das ungemein wichtige Gesetz gefunden, daß die *Geosynklinalen* die *Geburtsstätten der Faltengebirge* sind.

So hat die Geosynklinaltheorie in doppelter Hinsicht bedeutsame Zusammenhänge zwischen Sedimentationsvorgang und tektonischen Vorgängen aufgedeckt, Zusammenhänge, über deren ursächliche Verknüpfung freilich die Meinungen noch sehr geteilt sind, die heute Gegenstand eifrigster Forschung und Spekulation sind. Zunächst hat uns die Theorie eine wichtige Erscheinung in der Sedimentation — ihre lange Dauer und vom normalen Zyklus abweichende Entwicklung in gewissen Räumen — erklärt und uns eine Wechselbeziehung zwischen Sedimentation und Tektonik vor Augen gebracht, in der man der Isostasie als kausales Moment eine wesentliche Rolle zuschreibt⁴⁾. Diese Beziehung ist verhältnismäßig einfach, da auch der tektonische Vorgang, der der Geosynklinaltheorie zugrunde liegt, wenigstens seiner Form nach einfach ist. Er gehört der Klasse der „Epirogenesen“ an, jenen tektonischen Be-

³⁾ Von jenen, durch vorübergehende Ursachen bedingten Faciesänderungen, welche die Schichtung der Absetzgesteine hervorrufen, möge hier abgesehen werden.

⁴⁾ Mit Isostasie allein — daß die Räume, in denen Sedimentation stattfindet, durch die Last der Sedimente niedergedrückt werden — kann man natürlich nicht auskommen, sondern man muß zumindest eine Präformation oder Prädestinierung gewisser Erdräume (im Sinne einer höheren Aktivität) voraussetzen.

wegungen, die sich unendlich langsam, in ungeheuren Zeiträumen in Form von Senkungen oder Hebungen über weite Räume erstrecken und die den „Orogenesen“ gegenüberstehen, jenen auf verhältnismäßig beschränkten Räumen sich sammendrängenden, unendlich vielgestaltigen Bewegungen, denen die verwickelt gebauten Faltengebirge ihre Entstehung verdanken.

Schon die Erkenntnis der Tatsache, daß die Faltengebirge gerade aus Geosynklinalen hervorgehen, daß also *sedimentierende Räume von orogenetischen Bewegungen ergriffen* werden, sollte uns notwendigerweise zu dem Schluß führen, daß auch Sedimentation und Orogenese in Wechselbeziehungen treten müssen, daß ein Vorgang auf den anderen unmittelbar einen Einfluß ausüben muß. Diese fast notwendigen Beziehungen hat man bis vor kurzem fast gar nicht beachtet. Es erklärt sich dies z. T. daraus, daß eine gewisse schulmäßig-schematische Anschauung bisher die Vorstellung über die Beziehungen zwischen Sedimentation und Gebirgsbildung beherrscht hat, die schon darin ihren Ausdruck findet, daß bei Betrachtung der geologischen Entwicklung eines Landes meist Sedimentations- und orogenetische Perioden scharf getrennt werden. Die Orogenesen werden nur als Ursache des Abschlusses einer Sedimentationsperiode erkannt und beide Vorgänge nur im Verhältnis des zeitlichen Nacheinanders betrachtet. Soweit man sich darüber Rechenschaft gibt, stellt man sich die Heraushebung der Gebirge zumeist in Form von weiträumigen Bewegungen ähnlich den Epirogenesen vor⁵⁾, während man die eigentlichen Faltungs- und Überschiebungsvorgänge, wie sie sich heute in den Gebirgen offenbaren, in größere Erdtindentiefen versetzt⁶⁾. Mit dem Gedanken an submarine Faltungen, Überschiebungen usw. hat man sich bisher noch wenig beschäftigt; *Tornquist* ist der Frage nahegetreten und hat die mechanische Seite derselben auf experimentellem Wege zu studieren versucht. Dann finden wir bis heute noch die Anschauung tief eingewurzelt, daß die gebirgsbildenden Vorgänge nur auf verhältnismäßig kurze und wenige Epochen der Erdschichte beschränkt und durch lange Zeiträume tektonischer Ruhe voneinander getrennt waren; es sind gewissermaßen noch Ausklänge der Katastrophentheorie, die in dieser Lehre nachschwingen. So berechtigt sie in ihren Grundlagen noch

heute erscheint⁷⁾, in jener strengen schematischen Fassung, wie sie noch den geologischen Vorstellungskreis vieler beherrscht, kann sie nicht mehr aufrecht erhalten werden; auch sie muß heute eine Anpassung an den modernen Entwicklungsgedanken erfahren: Es gab wohl Zeiten von tektonischem Paroxysmus, in welchen die gebirgsbildenden Vorgänge zur höchsten Intensität anschwellen, aber zu vollkommener Ruhe sind sie in den „aktiven“ Zonen unserer Erdrinde wohl nie gekommen, zumindest waren sie nicht durch scharfe Schnitte von den verhältnismäßigen Ruheperioden getrennt, sondern mit ihnen gleichsam durch verschiedene Abstufungen von Intensität verbunden. Haben wir uns einmal mit dem Gedanken vertraut gemacht, daß die Gebirge in vielen Phasen sehr allmählich aus den Sedimentationströgen emporsteigen, so kommen wir deduktiv zu der notwendigen Folgerung, daß die orogenetischen Vorgänge die Sedimentation in mannigfachster Weise beeinflussen müssen, daß die durch derartige tektonische Bewegungen notwendigen Änderungen in den Absetzbedingungen gesetzmäßige Beziehungen in der Sedimententwicklung auslösen müssen⁸⁾. Wir treten vor die weite Ausblicke bietende Frage: *Wie entwickeln sich die Sedimente bei den mannigfachen gebirgsbildenden Vorgängen, in welcher Beziehung steht Facies und Gebirgsbildung?*

Es war eigentlich die moderne Faciesforschung, welche auf induktivem Wege zur näheren Aufrollung dieser Frage geführt hat. Die weitere, nach Vertiefung strebende Entwicklung der Wissenschaft brachte es mit sich, daß man nun auch die Facies nicht nur allein als etwas durch die örtlichen Verhältnisse Gegebenes, sondern als etwas durch äußere Einflüsse *Gewordenes* betrachtete, wobei man nach Herkunft und Ursachen dieser Einflüsse ausspähte. Die gleichzeitige hohe Blüte der tektonischen Forschung führte dann dazu, daß nun durch vergleichende Beobachtung die — wie wir gesehen haben, schon auf spekulativem Wege notwendig zu folgernden — Beziehungen zwischen den faciiellen Erscheinungen in der Sedimentation und speziellen Erscheinungen der Gebirgsbildung aufgedeckt wurden. Ein Schritt von weittragender Bedeutung für die ganze Vorstellung vom Entwicklungsgang unserer Erde ist — wie wir sehen werden — damit getan worden, und es scheint, als ob die moderne „genetische“ Faciesforschung dazu berufen sei, besonders die Anschauungen über die

⁵⁾ *Stille* hat für diese Fälle das zeitliche Moment als unterscheidendes Merkmal zwischen Epirogenese und Orogenese hingestellt: erstere seien kontinuierliche, letztere episodische Vorgänge. Ohne daß auf diese Frage hier näher eingegangen werden könnte, sei nur darauf verwiesen, daß betreffs Festlegung dieser beiden Begriffe und ihre gegenseitige Abgrenzung noch durchaus keine Einmütigkeit herrscht.

⁶⁾ So bewegen sich z. B. auch die Vorstellungen von *Haug* und *Philippi* über das rezente Emporsteigen eines Faltengebirges in der mittelatlantischen Gebirgsschwelle in dieser Richtung, d. h. sie nehmen eine riesige Aufwölbung in Form einer Geoantiklinale an.

⁷⁾ *Stille*, wohl derjenige von den deutschen Geologen, der sich am eingehendsten mit den zeitlichen Erscheinungen der Gebirgsbildung befaßt hat, hat erst kürzlich ein „orogenetisches Zeitgesetz“ formuliert, in welchem das „episodenhafte“ der Orogenese gegenüber dem „kontinuierlichen“ der Epirogenese festgelegt wird.

⁸⁾ Am klarsten hat wohl zuerst *Ampferer* (in seiner grundlegenden Arbeit: „Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen“, Wien 1906) auf die notwendige „sedimentäre Abbildung“ der Gebirgsbildung hingewiesen.

tektonische Entwicklung der Alpen ganz wesentlich umzugestalten.

Vor allem waren es Schweizer Forscher, welche in den allerletzten Jahren auf die Zusammenhänge zwischen facieller und tektonischer Entwicklung im Alpenwerden hinwiesen und von diesem Gesichtspunkt mit Erfolg an die Lösung bisher sehr schwieriger Fragen herantraten. Ganz unabhängig hiervon und ohne Kenntnis von den Wegen, welche die neueste Forschung in der Schweiz betreten hatte, ist der Verfasser in dem ganz jung gefalteten, tertiären Gebiete Nieder-Albaniens zu der Anschauung von einer ganz engen Verknüpfung zwischen Faciesentwicklung und orogenetischen Vorgängen gelangt. Moderne Ostalpengeologen (außer *Ampferer* besonders *Spengler*, *Winkler*) sind gleichfalls zu der allgemeinen Erkenntnis eines solchen Zusammenhanges gelangt, wobei jedoch ihr Forschungsfeld eine weitere Analyse auf diesem Gebiete bisher nicht gestattete. Nur *Winkler* hat soeben einen kurzen Bericht veröffentlicht, nach welchem ihn Studien im oststeirischen Tertiär zu dem Ergebnis führten, daß daselbst gewisse Faciesbildungen unter der Einwirkung bestimmter orogenetischer Vorgänge (Bruchbildung) zustande kamen.

Heute, wo uns somit induktive Forschung die Tatsache der Abbildung — sozusagen von Einzelzügen der Gebirgsbildung — im Sedimentierungsvorgang kennen gelehrt hat, können wir bereits an einem naheliegenden Beispiel die weittragende Bedeutung dieser Erkenntnis erproben.

Seit Jahrzehnten ist der Gegensatz in der Ausbildung der mesozoischen Formationen im Bereiche der Alpen und jener des außeralpinen Deutschlands (und Mitteleuropas überhaupt) bekannt, so daß seit alters her die „alpine“ der „germanischen“ Facies gegenübergestellt wurde. Außer jenen allgemein faunistischen und petrographischen Unterschieden, welche dem alpinen Mesozoikum in seiner Gesamtheit den Stempel von Geosynklinallagerungen aufdrücken, ist es vor allem die reiche horizontale Faciesdifferenzierung, was die alpine Entwicklung von der sehr konstanten und universellen germanischen scheidet. Betrachten wir die faciiellen Änderungen im alpinen Mesozoikum im vertikalen Sinne, so begegnen uns besonders in den Westalpen einerseits jähe Wechsel und Übergänge, andererseits durch lange Zeiträume hindurch sich erstreckende Konstanz — also in beiden Fällen Störungen des normalen Sedimentationszyklus —, während sich das germanische Mesozoikum durch regelmäßige Aufeinanderfolge von Zyklen mit ausgezeichnetem Stufencharakter kennzeichnet. Wenn wir nach den Ursachen dieser Eigenheiten des alpinen Mesozoikums (der reichen horizontalen Differenzierung und den häufigen Zyklenstörungen) fragen, so können wir nur an stetige tektonische Unruhe im alpinen Bereich denken, und zwar an stark differenzierte Bewegungen, d. h. vielgestaltige orogenetische Bewegungen. So gelangen

wir schon auf Grund dieser groben Gegenüberstellung zu dem Schlusse, daß der Bereich der heutigen Alpen während des ganzen Mesozoikums Schauplatz reger gebirgsbildender Vorgänge war und daß der komplizierte Bau des Alpenkörpers, wie er sich heute der Beobachtung offenbart, keineswegs — wie das bisher meist gegolten hat — einem einzigen (im wesentlichen alttertiären) Faltungsakt zugeschrieben werden kann. Wir gelangen so auf dem Wege der Faciesbetrachtung zu der Erkenntnis, daß es stets auf der Erde aktive (oder mobile) Zonen gegeben hat, welche solchen geringerer Mobilität (oder Passivität) gegenübergestanden haben, d. i. solchen, in denen verhältnismäßig nur einförmige und weiträumige, langatmige Bewegungen stattfanden (Geosynklinalen — Geoantiklinalen).

Wir wollen nun im folgenden kurz darauf eingehen, in welcher Weise es der Schweizer Detailforschung gelungen ist, die Zusammenhänge zwischen Faciesentwicklung und speziellen gebirgsbildenden Vorgängen festzustellen.

Bekanntlich wird der Bau der Schweizer Alpen von ungeheuren liegenden Falten, die sich zu „Schubdecken“ auswachsen, beherrscht. Im Alttertiär erreichten diese „Deckenüberschiebungen“ ihren Höhepunkt und schufen in den Grundzügen die heutige Erscheinungsform der Schweizer Alpen. Es hat sich nun gezeigt, daß bereits in der Triasformation in der Faciesentwicklung sich die Räume, aus welchen jene gewaltigen Liegendfalten und späteren Decken hervorgehen, „sedimentär abzubilden“ beginnen. Man erkannte, daß jene Ablagerungsräume, aus denen später die Decken herauswuchsen, sich durch neritische, d. h. küstennahe — oder Schelfentwicklung auszeichneten, daß sie somit sozusagen Geoantiklinalen zweiter Ordnung innerhalb der großen alpinen Geosynklinalen darstellten⁹⁾, während in den dazwischenliegenden Gebieten bathyale Ablagerungsbedingungen herrschten, also sich Absätze tieferen Meeres bildeten. So unterschieden die Schweizer Geologen, wie z. B. *Staub*, in der Trias schon fünf solcher westalpiner sekundärer Geosynklinalen und ebensovieler Antiklinalen. An den Faciesveränderungen im vertikalen Sinn verfolgen sie dann das Schicksal dieser Gebiete in den folgenden Epochen und lesen aus der Faciesentwicklung die weitere tektonische Entwicklung innerhalb des westalpinen Sedimentationsraumes heraus. Dabei wurde die Lösung einer Frage in der Sedimententwicklung des Schweizer Mesozoikums angebahnt, einer Frage, die bis vor kurzem die größten Rätsel bot. Es ist das das häufige Auftreten von merk-

⁹⁾ Die Schweizer Forscher benennen diese Gebilde gleichfalls Geoantiklinalen, ja sie sprechen sogar von „Großgeoantiklinalen“, während meines Erachtens hier der Terminus „Großfalten“ (im Sinne *W. Pencks*) am Platze wäre und der Terminus „Geoantiklinalen“ nur in dem oben (s. S. 894) gebrauchten Sinne als Gegensatz zu Geosynklinalen gebraucht werden sollte.

würdigen Breccien von gewaltiger Mächtigkeit in gewissen Faciesbezirken. Es hat sich gezeigt, daß diese Breccien, von deren Bildung man sich früher keine klare Vorstellung machen konnte, mit der Ausbildung jener Geoantiklinalen bzw. aus diesen hervorgehenden Schubdecken innig verknüpft sind, daß sie gewaltige marine Schuttbildungen an den übersteilen Hängen der nach einer Seite vorgetretenen Schubmasse sind, vergleichbar jenen steilen submarinen Abfällen, wie man sie heute von den Außenseiten der pazifischen Inselkränze in den sogenannten Vortiefen kennt. Man ist so zu einem direkten Vergleich des Zustandes der Westalpen im Mesozoikum mit den heutigen pazifischen Inselkränzen und ihren Vortiefen gelangt und damit zu der Vorstellung, daß die Inselkränze in gleicher Weise gegen die Vortiefen fortwachsen und diese entweder zu überwältigen oder zu verschieben suchen, wie wir es aus der geologischen Geschichte der Schweizer Alpen in dem allmählichen Vordringen der Decken gegen das nördliche Vorland herauslesen.

So ist man also durch die genetische Faciesforschung in der Schweiz zu einer wesentlich verschiedenen Auffassung von dem Werdegang unserer Alpen gelangt, indem nun an Stelle der eir- oder höchstens zweimaligen episodischen Aufaltung die Vorstellung eines mehr oder minder kontinuierlichen Vorganges getreten ist, der allerdings mit Beginn der Tertiärepoche seine höchste Intensität erfuhr, sozusagen seinen *Paroxysmus* erlebte. Ferner haben wir mit der Erklärung der Breccienfacies im Schweizer Mesozoikum auf Grund des Vergleiches mit den gegenwärtigen Bildungen an den heutigen submarinen Steilabfällen an den Außenseiten der pazifischen Inselkränze eine direkte Vorstellung von den tektonischen Vorgängen, welche die Alpen geschaffen haben, gewonnen.

Es sei nun noch kurz auf das junge albanische Faltenland eingegangen. Hier ist die außerordentliche Jugendlichkeit der gebirgsbildenden Vorgänge in Verbindung mit dem Umstand, daß infolge der vielfach geringen Vegetationsdecke die Schichten dem Studium gut zugänglich sind, dem Erkennen von Zusammenhängen zwischen Facies und Gebirgsbildung besonders günstig.

Das in Betracht gezogene, ein Hügelland bildende, küstennahe Gebiet Albanien setzt sich durchaus aus Schichten der Tertiärformation, und zwar in allen ihren Stufen vom Ältesten bis Jüngsten, zusammen. Da auch die jüngsten, in die Quartärformation hinüberleitenden Schichten noch gestört (in die mit Bruchbildung verknüpfte Faltung einbegriffen) sind, müssen wir schließen, daß die gebirgsbildenden Vorgänge auch in der Nachtertiärzeit stattfanden, und tatsächlich geben uns Beobachtungen auf morphologischem Gebiete Anhaltspunkte, daß die tektonischen Bewegungen bis in die Gegenwart andauern. Die Frage richtet sich nun darnach, wann die Faltung in unserem

Gebiete begonnen hat. Hier gibt uns die facielle Entwicklung des albanischen Tertiärs Antwort. Wir sehen das Alttertiär fast durchaus in sogen. „Flyschfacies“ entwickelt, d. i. in einer sehr mächtigen und eintönigen fossilarmen Schichtfolge von Schiefertönen und Sandsteinen, die im ganzen Mittelmeergebiet als Ablagerung dieser Zeit sehr verbreitet ist. Hingegen zeichnet sich das Jungtertiär durch sehr mannigfaltige Entwicklung, immer steigende facielle Differenzierung und reichste Fossilführung aus. Schon dieser Übergang aus der universellen, eintönigen Flyschentwicklung in facieell reich differenzierte Ablagerungen, wie er sich mit Beginn der jungtertiären Epoche in der Schichtfolge vollzieht, deutet auf Änderung der Absatzbedingungen infolge vielgestaltiger Bewegungen, also auf das Einsetzen von orogenetischen Vorgängen zu dieser Zeit hin; auch hier müssen wir den Eintritt örtlich verschiedener Sedimententwicklung als eine Widerspiegelung der beginnenden tektonischen Unruhe im Sedimentationsraum betrachten.

Wir erkennen nun aber auch tatsächlich die Abhängigkeit gewisser Faciesbildungen und ihrer Verbreitung von bestimmten tektonischen Elementen. Es zeigt sich, daß in den Regionen, die uns heute als gewölbeförmig (antiklinal) gebaut entgegnetreten, früher Verseichung eintrat und die Sedimentation früher zum Abschluß kam, als in den muldenförmig gebauten (Synklinal-) Regionen: es treten in den Antiklinalregionen ausgesprochene fossilreiche Seicht- und Strandwasserablagerungen auf, während zu gleicher Zeit in den Synklinalgebieten noch eintönige, fossilarme Bildungen zum Absatz kamen. Erst wenn die Sedimentation in den Antiklinalgebieten ihr Ende erreichte — infolge der Verlandung —, macht sich in den Synklinalgebieten die Verseichung, und zwar hauptsächlich durch brackische Entwicklung bemerkbar. Es erfährt somit der Ablauf des Sedimentationszyklus in den Antiklinalgebieten eine Beschleunigung gegenüber den Synklinalgebieten. In analoger Weise bilden sich auch gewisse Überschiebungsbrüche durch verschiedene Sedimentationsentwicklung in der überschiebenden und der überschobenen Scholle ab.

Weiters erkennen wir, daß in den östlich (also peripherisch) gelegenen Synklinalzonen Verseichung bzw. Verlandung eintritt, während in weiter gegen das Zentrum des Sedimentationsbezirkes gelegenen Gebieten erst in den Antiklinalregionen Anzeichen von Verseichung sich bemerkbar machen. So sehen wir die am weitesten landeinwärts gelegenen Synklinalgebiete schon seit Beginn des Pliocäns (jüngsten Tertiärs) verlandet, während in dem heutigen küstennahen Gebiet die Antiklinalzonen erst mit Ende des Pliocäns über den Meeresspiegel auftauchten und Teile der Synklinalzonen noch heute unter Wasserbedeckung stehen, unter welcher brackische Sedimentation andauert.

Es läßt sich somit aus der Sedimententwicklung ein allmähliches zentripetal gerichtetes Weitergreifen des gebirgsbildenden Vorganges herauslesen, gleichsam ein wellenförmiges Fortpflanzen, das immer neue Faltenzüge dem Meere entreißt und dem Festland angliedert. Allerdings ist dieser Vorgang nicht in ununterbrochener Stetigkeit verlaufen, sondern mehrfach von Stillständen, sogar auch von lokal-rückläufigen Bewegungen (Senkungen) unterbrochen gewesen¹⁰⁾; ihre Bedeutung tritt jedoch vollkommen zurück gegenüber dem allgemeinen, seit Beginn des Jungtertiärs unverrückbar einem Ziele zustrebenden Werdegang unseres Gebietes.

Fassen wir zum Schlusse die Ergebnisse aus dem tektonisch bewegten nideralbanischen Sedimentationsbezirke zusammen und vergleichen sie mit jenen aus den Schweizer Alpen, so konnten wir hier (in Albanien) die Abhängigkeit der Sedimentation sozusagen von Kleinformen der Gebirgsbildung studieren, während sich dort der Zusammenhang zwischen Sedimentfacies und gewissen tektonischen Großformen (den Großfalten bzw. den Geoantiklinalen und -synklinalen der Schweizer) ergeben hat; hier in der Schweiz tritt der Unterschied zwischen der monotonen „Geosynklinalfacies“ und der „orogenetischen Facies“ der Geoantiklinalen hervor, während sich in Albanien der Vorgang der Faciesdifferenzierung als solcher in seiner unmittelbaren Abhängigkeit von der Ausbildung tektonischer Gebilde von normalen Dimensionen zeigt, so daß man hier von „Antiklinal-“ und „Synklinalfacies“ sprechen kann. In beiden Fällen sind wir jedoch zu der Erkenntnis gelangt, daß die Ausbildung von echt orogenetischen Formen nicht durchwegs auf große Rindentiefen beschränkt ist und etwa die Gebirgsbildung nur in Formen ähnlich den Epirogenesen an die Erdoberfläche durchgreift, sondern daß vielmehr die submarin sich abspielenden Faltungs- und Überschiebungsvorgänge die Grundursache der die Sedimententwicklung der „aktiven Zonen“ beherrschenden Erscheinung von Zyklusstörung und hochgradiger facieller Differenzierung sind.

Wichtigste Spezialliteratur:

- Arbenz, Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen; Viert.-Jahrsschr. Naturf. Ges. Zürich 1919.
- Horn, Über die geologische Bedeutung der Tiefseegräben; Geol. Rundschau V (1914).
- Rothan, Tektonische Untersuchungen im nordöstlichen Teil der Adula; Viert.-Jahrsschr. Naturf. Ges. Zürich 1918.
- Staub, Über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstl. Schweizer Alpen; Beitr. z. geol. Karte der Schweiz XLVI. 3 (1917).
- Tornquist, Die Annahme der submarinen Erhebung des Alpenzuges. Sitzber. Preuß. Ak. d. Wiss. Berlin 1909.

¹⁰⁾ Das lehrt uns das Vorkommen von lokalen Transgressionen und der Charakter der Ablagerungen gewisser Zeitabschnitte.

E. Nowack, Über Beeinflussung der Sedimentation durch Gebirgsbildung; Mitt. Geol. Ges. Wien 1920.

E. Nowack, Über nachtertiäre Faltenbewegungen in Albanien; Geol. Rundschau XII (1921).

Zum ersten Bande der Gesamtausgabe von Felix Kleins wissenschaftlichen Abhandlungen.

Von H. E. Timerding, Braunschweig.

Am 10. Dezember 1918 wurde *Felix Klein* zu seinem goldenen Doktorjubiläum eine Adresse überreicht, in der die Schaffung einer Stiftung für die Herausgabe seiner wissenschaftlichen Abhandlungen ausgesprochen war. Unmittelbar darauf wurde das Unternehmen selbst in Angriff genommen, als dessen erste Frucht jetzt der die geometrischen Arbeiten des großen Mathematikers enthaltende Band vorliegt¹⁾. Über diesen Band soll hier kurz berichtet werden. In den 33 darin vereinigten Abhandlungen ist ein Gehalt an Forschungsarbeit niedergelegt, der selbstverständlich zu reich ist, als daß er in einer knappen, allgemein verständlichen Darstellung auch nur einigermaßen gekennzeichnet werden könnte. Es kann allein gesagt werden, welche Rolle diese Untersuchungen in der persönlichen Entwicklung *Kleins* und in der Geschichte der mathematischen Wissenschaft gespielt haben.

Die Geometrie war das erste Gebiet, dem sich der junge Gelehrte in seinem glänzenden Aufstieg zuwandte. Er war in Bonn *Pluecker*s Schüler geworden. Kaum neunzehnjährig schloß er seine Studien mit der Promotion ab und wählte als Gegenstand seiner Dissertation eine Frage der Liniengeometrie, die gerade damals *Pluecker* bearbeitete, um damit seinem Lehrgebäude der analytischen Geometrie den Schlußstein einzufügen. *Klein* selbst war es, der die zusammenfassende Darstellung seines Lehrers nach dessen Tode zum Abschluß brachte. In seiner eigenen Arbeit aber ging er sofort wesentlich über die Betrachtungsweise, der *Pluecker* selbst folgte, hinaus, indem er in kühner Überwindung der durch die Realität gesetzten Schranken zu der Bildung einer kanonischen Gleichungsform für die Linienkomplexe zweiten Grades aufstieg. Es ist hier vielleicht die Stelle, wo sich die ältere Geometrie, die an der Anschauung und damit an der Realität der betrachteten Gebilde haftet, am schärfsten von der neuen Richtung scheidet, die in der Geometrie denselben Schritt tut, wie er in der Algebra durch die Einführung der komplexen Zahlen geschieht. Wie die Ausbildung der Algebra erst möglich wurde durch die Benutzung der komplexen Zahlen, so hat auch die Geometrie, die, wo nicht Realitätsbetrachtungen unmittelbar

¹⁾ *Felix Klein*, Gesammelte mathematische Abhandlungen. Erster Band: Liniengeometrie, Grundlegung der Geometrie, zum Erlanger Programm. Herausgegeben von R. Fricke und A. Ostrowski. Berlin, Julius Springer, 1921. XII, 612 S. Preis M. 186,—.

gefordert sind, die algebraische Allgemeingültigkeit auf die räumlichen Gebilde überträgt, durch die Einbeziehung des Imaginären sofort die bedeutungsvollsten Ergebnisse gezeitigt, namentlich auch, indem sie die Trennung von Analysis und Geometrie überwinden und beide befruchtend aufeinander einwirken lassen konnte. So ergab sich auf diesem Wege in Kleins Dissertation sofort die überraschend einfache Herleitung der quadratischen Linienkomplexe, welche dieselbe Singularitätenfläche besitzen, und gleichzeitig eine Fülle geometrischer Eigenschaften dieser Fläche, der bekannten Kummerschen Fläche 4. Ordnung und 4. Klasse mit 16 Doppelpunkten und 16 Doppelbenen.

Klein hat die hier angestellten Betrachtungen in einer Reihe weiterer Arbeiten fortgeführt, die im vorliegenden Bande ebenfalls ihre Stelle gefunden haben (Abh. II bis XI). Hierbei drang er auf der einen Seite immer tiefer in die Eigenschaften der Kummerschen Fläche ein und wurde namentlich über die algebraische Darstellung hinaus den funktionentheoretischen Zusammenhängen, die bei der Kummerschen Fläche in besonders schöner und einfacher Weise hervortreten, zugeführt (Abh. IX). So wurde er auf die Bahn hingelenkt, auf der er später die glänzendsten Erfolge erzielte: die Synthese der Geometrie mit der Algebra und Funktionentheorie. Aus der Fülle der damit erlangten Gesichtspunkte heraus ist er später (1885 und 1886) wieder auf die Kummersche Fläche eingegangen (Abh. XII und XIII im vorliegenden Bande), die früheren Untersuchungen damit zu einem gewissen Abschluß bringend. Auf der anderen Seite wurde aber Klein in seinen liniengeometrischen Betrachtungen veranlaßt, an diesem Beispiel zu zeigen, wie die algebraische Behandlung dazu führt, von der geometrischen Besonderheit eines räumlichen Gebildes wie der geraden Linie an sich abzusehen und das Augenmerk allein auf den Charakter der Mannigfaltigkeit zu lenken, welche die Gesamtheit aller gleichartigen Gebilde, also im besonderen Falle die Gesamtheit aller geraden Linien darstellt. Dieser Charakter wird im Falle der Liniengeometrie erst geklärt, wenn als das Element nicht die gerade Linie, sondern der Linienkomplex ersten Grades gewählt wird, der speziell in die Gesamtheit aller eine gegebene gerade Linie treffenden Strahlen ausarten kann und dann einfach durch diese Linie bestimmt wird, sie also gewissermaßen repräsentiert. Der Charakter der Liniengeometrie wird dann gekennzeichnet durch einen Ausdruck, welcher als das Moment zweier linearer Komplexe bezeichnet werden und zur allgemeinen Festlegung eines veränderlichen Komplexes durch sechs fest gegebene Fundamentalkomplexe dienen kann. Eine Veränderung dieses Bezugssystems der sechs Fundamentalkomplexe bedeutet eine lineare Transformation der zugehörigen allgemeinen Linienkoordinaten. Dabei muß aber jeder

spezielle Komplex in einen speziellen Komplex übergehen, denn dann gehen auch die durch diese Komplexe repräsentierten geraden Linien ineinander über. Algebraisch bedeutet das aber, daß eine bestimmte quadratische Form der Linienkoordinaten durch die linearen Transformationen in sich übergeführt wird, und durch diese Transformationsgruppe und die zugehörige invariante quadratische Form wird die Gesamtheit der geraden Linien des Raumes charakterisiert.

Von hier aus war es nur ein Schritt zu den epochemachenden Arbeiten Kleins über die nicht-euklidische Geometrie, welche in dem vorliegenden Bande die Abhandlungen XV bis XIX bilden und in den Jahren 1871 bis 1874 erschienen sind. Klein ging dabei aus von Untersuchungen Cayleys, der die Maßbestimmung der metrischen Geometrie der Lagenbestimmung der projektiven Geometrie unterordnete. Die auf diesem Wege sich ergebenden algebraischen Formeln brauchte Klein nur zu verallgemeinern, um mit einem Schlage das Problem der nichteuklidischen Geometrie in ein neues Licht zu rücken. Die Bolyai-Lobatschewskysche Geometrie erschien dabei nur als einer von drei möglichen Fällen, den Klein als *hyperbolische* Geometrie kennzeichnet. Die euklidische Geometrie erscheint als *parabolische* Geometrie, und als dritter Fall, der einem unbegrenzten, aber nicht unendlichen Raum entsprechen würde, tritt die *elliptische* Geometrie hinzu, deren eigenartigen und merkwürdigen Charakter bald darauf Clifford mit genialer Intuition bloßlegte.

Die Kleinschen Arbeiten über die nicht-euklidische Geometrie sind durch außergewöhnliche Klarheit und Schönheit ausgezeichnet. Sie sind aber auch ein merkwürdiges Beispiel für die Art, wie sich die mathematische Forschung entwickelt. Kleins Ausgangspunkt ist nämlich durchaus die intuitive Erfassung des Problems. Gerade dadurch, daß man, wie er es tut, in der Ebene einen Kegelschnitt, im Raume eine Fläche zweiter Ordnung (die aber nicht reell zu sein brauchen) als Grundlage einer projektiven Maßbestimmung wählt, wird die nichteuklidische Geometrie auf das höchst erreichbare Maß geometrischer Einfachheit gebracht. Die schöne Beltramische Interpretation der drei Geometriearten (als die Geometrien auf den Flächen konstanter positiver, verschwindender oder negativer Krümmung) verliert ihre anschauliche Bedeutung, sowie es sich um den Raum handelt. Kleins Darstellung umfaßt aber das dreidimensionale Gebiet mit derselben anschaulichen Klarheit, und sie hat außerdem den großen Wert, daß sie den drei metrischen Geometrien die projektive Geometrie in gleicher Weise überordnet. Es ist nun höchst bezeichnend, daß gerade die scharfe logische Zergliederung der Geometrie doch wesentlich an die Kleinschen Arbeiten anknüpft. Diese logische Zergliederung verkörpert sich in der sogenannten Axiomatik, indem es sich wesentlich

darum handelt, die unbewiesenen bleibenden Voraussetzungen der logischen Ableitung bloßzulegen. So zeigt sich deutlich an diesem Beispiel die merkwürdige Tatsache, daß die geniale Intuition, wenn nicht immer, so doch in vielen Fällen auch die Quelle der nach der Meinung des Laien dem Gebiete der schöpferischen Phantasie am weitesten entrückten Wissenschaft, der Mathematik, ist.

Klein hat seine Theorie der nichteuklidischen Geometrie später in Vorlesungen behandelt, die in autographischer Reproduktion erschienen sind. Eine Reihe dabei neu hervortretender Gesichtspunkte sind in einer besonderen Abhandlung (Nr. XXI im vorliegenden Bande) niedergelegt. Besonders lichtvoll hat er sich über seine Ansichten von der allgemeinen Bedeutung und Begründung der Geometrie in dem Gutachten zur ersten Verteilung des Lobatschewskypreises im Jahre 1897 (Abh. XXII) ausgesprochen. Hier ist auch das Gebiet berührt, auf das sich der letzte Teil der in dem vorliegenden Bande vereinigten Abhandlungen bezieht, soweit es sich um geometrische oder physikalische Probleme handelt. Es ist dies das Gebiet der kontinuierlichen Transformationsgruppen. Die Kleinsche Deutung der nichteuklidischen Geometrie wie seine Behandlung der Liniengeometrie läßt sich damit unmittelbar in Zusammenhang bringen, indem sich die Besonderheit der einzelnen Geometrien geradezu durch die ihnen zugewiesene Transformationsgruppe kennzeichnen läßt. Es handelt sich dabei um die Transformationen, welche wie die Kongruenzen der euklidischen Geometrie die Maßbeziehungen ungeändert lassen, und es ist sofort klar, daß diese Transformationen die projektiven (kollinearen) Transformationen sind, welche die der Maßbestimmung zugrundegelegte Kurve oder Fläche zweiter Ordnung in sich transformieren.

Die Fragestellung, die Klein gemeinsam mit Sophus Lie zuerst an die kontinuierlichen Transformationsgruppen herangeführt hatte, war freilich eine andere gewesen. Es war das Problem der sogenannten W-Kurven, d. h. der Kurven, zu denen auch die logarithmischen Spiralen gehören und die durch eine kontinuierliche Gruppe von einfach unendlich vielen vertauschbaren kollinearen Transformationen in sich übergeführt werden. Diese Betrachtungen sind durch eine große Einfachheit und Eleganz ausgezeichnet. Ihr Wert liegt aber hauptsächlich darin, daß sie den Weg zu den Forschungen gebahnt haben, die einen großen Teil der Lebensarbeit von Klein und Lie ausgemacht und die mathematische Welt eine Zeitlang geradezu beherrscht haben. Der Gedanke, die Geometrie durch den Gruppenbegriff durchaus zu bestimmen und zu leiten, ist auch die leitende Idee der bekannten Erlanger Programmschrift, mit der Klein zweiundzwanzigjährig sein Amt als ordentlicher Professor an der Universität Erlangen antrat. Diese Schrift, die

sich als „vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen“ darbietet, ist im wahren Sinne ein Programm. Sie will nicht sowohl über vorliegende Untersuchungen berichten als vielmehr den Weg für die weitere Entwicklung weisen, und ein Vierteljahrhundert ist auch die Entwicklung durch die hier niedergelegten Ideen bestimmt gewesen, bis andere Richtungen mehr und mehr zur Herrschaft gelangten.

In den letzten Jahren fand Klein zweimal Veranlassung, die Gesichtspunkte, die für ihn beim Eintritt in seine wissenschaftliche Forschungsarbeit bestimmend waren, nochmals zu entwickeln. Zuerst um die Wende des Jahrhunderts, als Sir Robert Stawell Ball seine „Schraubentheorie“, die er von den siebziger Jahren an weiter und weiter ausgebildet hatte, in einer zusammenhängenden Darstellung herausgab. Ball war schon gleich bei Beginn seiner Untersuchungen zu Begriffsbildungen gelangt, die mit den Fundamentalkomplexen in Kleins Liniengeometrie wesentlich übereinstimmten. Der leitende Gedanke Balls, die Liniengeometrie mit der Mechanik starrer Körper zu verkoppeln, war schon in Plueckers ersten Veröffentlichungen über Liniengeometrie hervorgetreten und Klein selbst war diesen Ideen bereits 1871 (Abh. XIV des vorliegenden Bandes) weiter nachgegangen. Er griff nun im Jahre 1901, nachdem er inzwischen in seiner Theorie des Kreisels die Mechanik des starren Körpers an einem besonderen Problem tiefgründig behandelt hatte, die früheren Betrachtungen wieder auf, wesentlich um die grundsätzlichen Gesichtspunkte einer abschließenden Klärung zuzuführen (Abh. XIX im vorliegenden Bande). Er, der sich ursprünglich ganz der Physik hatte zuwenden wollen und scheinbar nur durch einen Zufall, in Wirklichkeit aber doch wohl durch eine innere Bestimmung der Mathematik zugetrieben worden war, nachdem er eine Zeitlang allen Ernstes gehofft hatte, nach einer mathematischen Zwischenzeit zur Physik zurückzukehren, war im Laufe der Jahre immer mehr dazu gekommen, die physikalischen Vorgänge unter dem Gesichtswinkel des Mathematikers zu sehen, und so steht auch hier das mathematische Interesse durchaus im Vordergrund.

Das Gleiche ist der Fall bei den nun noch folgenden Abhandlungen (XXX bis XXXIII), die an die Einsteinsche Relativitätstheorie anknüpfen und auf deren mathematische Abklärung hinzielen. Diese Theorie, die mehr als je ein Gebiet der exakt wissenschaftlichen Forschung sich die regste Anteilnahme der breitesten Öffentlichkeit erobert hat, fand nach den ersten Arbeiten Einsteins die seither maßgebende Ausgestaltung durch Minkowski, der in seiner „Raumzeitwelt“ eine überraschend einfache und klare Darstellung der Einsteinschen Ideen gab. Diese Darstellung aber rückt eine Gruppe von linearen Transformationen der Raumzeitvariablen in den Vordergrund, die nach ihrem Entdecker als die

Lorentzgruppe bezeichnet wird, und damit wieder kamen die Überlegungen, die im Erlanger Programm die entscheidende Rolle gespielt hatten, erneut zu Ehren, insbesondere gerade die Begriffsbildungen, die bei *Kleins* Grundlegung der nicht-euklidischen Geometrie die Führung hatten. Nur daß *Klein* damals die Fälle auszeichnete, in denen der von einem Punkte des Raumes ausgehende, die Fundamentalfäche berührende Fundamentalkegel imaginär ist, während hier gerade der Fall eintritt, daß in der entsprechenden Übertragung auf die vierdimensionale Raumzeitwelt der von einem Raumzeitpunkt ausgehende dreidimensionale Fundamentalkegel oder Nullkegel reell wird. Damit stehen die paradoxen, aber den eigentlichen Kern ausmachenden Folgerungen der Relativitätstheorie bekanntlich in unmittelbarem Zusammenhange. Aber die Unterordnung unter die projektive Maßbestimmung bleibt auch so erhalten, und darauf wesentlich weist *Klein* in seiner Arbeit hin.

Nun schritt die wissenschaftliche Forschung rasch weiter. Neben die spezielle Relativitätstheorie trat die allgemeine. In dieser fanden die von *Riemann* ausgehenden Untersuchungen über ganz allgemeine Räume von beliebig vielen Dimensionen, die nur im Unendlichkleinen dem Raum der Anschauung zu entsprechen brauchen, einen merkwürdigen Niederschlag, und die Worte, mit denen *Riemann* damals seinen berühmt gewordenen Habilitationsvortrag geschlossen hatte, erlangten eine prophetische Bedeutung: „Solche Untersuchungen, welche, wie die hier geführte, von allgemeinen Begriffen ausgehen, können dazu dienen, daß die Umarbeitung der überkommenen räumlich mechanischen Vorstellungen nicht durch die Beschränktheit der Begriffe gehindert und der Fortschritt im Erkennen des Zusammenhanges der Dinge nicht durch überlieferte Vorurteile gehemmt wird.“ Diese Worte hatte *Klein* selbst 1872 in seinem zweiten Aufsatz über die nichteuklidische Geometrie angeführt (S. 313 des vorliegenden Bandes). Aber nicht bloß die leitenden Ideen *Riemanns*, auch die erst allmählich erschlossenen analytischen Ableitungen, die er bei dem Vortrag unterdrücken mußte, erlangten an dem besonderen Falle der vierdimensionalen Raumzeitwelt grundlegende Bedeutung.

Die Art, wie *Klein* in die Entwicklung der Relativitätstheorie eingriff, ist durch die besondere Form bedingt, in der diese vor sich ging. Fast genau gleichzeitig mit *Einstein* und unabhängig von ihm hatte nämlich *Hilbert* in der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften die entscheidenden Darlegungen im November 1915 gegeben. *Klein* suchte den mathematischen Gehalt dieser Darlegungen nun weiter zu klären und führte seine Betrachtungen, nachdem inzwischen die neuen Arbeiten von *Einstein* und *de Sitter* erschienen waren, im Jahre 1918 noch weiter aus. Er hat sich damit um die Ausbildung dieser Theorie ein Verdienst erworben,

dessen Bedeutung erst völlig geklärt sein wird, wenn einmal der ganze Gehalt der Theorie in allen seinen Folgerungen abschließend dargestellt ist. Auf jeden Fall haben die Ausführungen *Kleins* über die Grundlagen der Geometrie, die er in seinen Jugendjahren gegeben hat, durch die neue Entwicklung der Wissenschaft eine unerwartete Beleuchtung erfahren und ihre Wichtigkeit bewiesen. Der Gedanke des in sich geschlossenen Raumes, also eines unbegrenzten, aber nicht unendlichen Raumes, der damals als eine bloße mathematische Spekulation erschien, rückte jetzt in greifbare Nähe. Auf die Einzelheiten einzugehen ist hier nicht möglich, wo es sich nur um eine Anzeige und Inhaltsangabe des vorliegenden Bandes der Abhandlungen handeln konnte. Der kundige Leser wird sich an Ort und Stelle am besten selbst unterrichten. Hoffentlich werden nun auch die folgenden Bände trotz der Ungunst der Verhältnisse erscheinen können, und das Bild von *Kleins* Lebenswerk, soweit es sich in der mathematischen Forschung verkörpert, wird damit auch das Bild dieser einzigartigen wissenschaftlichen Persönlichkeit klar in die Erscheinung treten lassen.

Besprechungen.

Gerlach, Walther, Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie. Sammlung Vieweg, Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1921. VIII, 143 S. und 43 Figuren. Preis M. 12,—.

Für den nach dem Kriege zur Beschäftigung mit seiner Wissenschaft zurückkehrenden Physiker war es nicht leicht, sich über die umwälzenden Fortschritte, die in der Kriegszeit auf dem Gebiete der Atomphysik gemacht worden waren, zu orientieren, weil keine zusammenfassende Bearbeitung des Gebietes vorlag. Diesem Übelstande wurde aber bald abgeholfen. Das Erscheinen von *Sommerfelds* bekanntem Buche „Atombau und Spektrallinien“ wurde von vielen als eine befreiende Tat empfunden, zumal da es nicht nur den Physikern, sondern auch allen Naturwissenschaftlern einen Einblick zu verschaffen suchte in die wunderbaren Ergebnisse der spektroskopischen Atomforschung, die im Zusammenhange mit *Bohrs* Atommodell in raschester Folge erzielt worden waren. Von den zahlreichen sonstigen, in der Zwischenzeit erschienenen Schriften, die sich mit dem neuen Gebiete beschäftigen, scheint vor allem das Buch von *F. Reiche*, „Die Quantentheorie, ihr Ursprung und ihre Entwicklung“, erwähnenswert, das einen Überblick über alle mit der Quantentheorie zusammenhängenden Fragen gibt und dessen Lektüre dank der hervorragenden Darstellungskunst des Verfassers auf den Leser einen eigenartigen Reiz ausübt und ähnliche Empfindungen weckt, wie wenn man sich von einem mit allen Einzelheiten vertrauten Führer durch ein großes, merkwürdiges Gebäude mit vielen interessanten Räumen, Gängen und Treppen führen läßt. Dagegen wendet sich das Buchlein, von dem hier die Rede sein soll, vor allem an diejenigen, die wissen wollen, auf welchen Fundamenten das stolze Gebäude ruht, mit dem wir die Quantentheorie verglichen haben. Es entsteht so die Frage

nach den experimentellen Grundlagen der Quantentheorie, und diese wird in dem soeben erschienenen Buche von *Walther Gerlach* eingehend behandelt.

Bei der Auswahl des Stoffes beschränkt sich der Verfasser auf die Darstellung derjenigen experimentellen Untersuchungsmethoden, aus denen man am sichersten das Vorhandensein quantenhafter Prozesse schließen kann, nämlich der Fälle, in denen wir direkt die Übertragung eines Energiequants innerhalb eines Elementarprozesses verfolgen können. Ausgeschlossen sind deshalb von der Behandlung die experimentellen Grundlagen der Strahlungstheorie und der Theorie der spezifischen Wärme, da bei diesen nur statistische Mittelwerte zur Messung gelangen, und da sie in den der gleichen Sammlung zugehörigen beiden Heften von *G. Valentiner* behandelt sind. Auch die spektroskopischen Einzelheiten, die besonders ausführlich in *Sommerfelds* Buche behandelt sind, werden hier natürlich nicht wiederholt, um diejenigen Untersuchungen auch aus der allerletzten Zeit um so eingehender bringen zu können, die in *Sommerfelds* Buche nur erwähnt oder gar nicht enthalten sind, so daß die Gerlachsche Schrift eine wertvolle Ergänzung des Sommerfeldschen Buches darstellt.

Der leitende Gesichtspunkt für die Einteilung des Stoffes ist, alle diejenigen Experimente zu beschreiben und im Zusammenhang mit der Theorie zu deuten, bei denen entweder die kinetische Energie eines Elektrons in ein Energiequant $h \cdot \nu$ verwandelt wird oder umgekehrt. Das zahlenmäßige Resultat aller dieser Untersuchungen läuft schließlich immer auf eine Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums h hinaus, viel wichtiger aber als dieses ist der Einblick, den uns das Studium dieser Vorgänge in den Bau der Atome und Moleküle gewährt, wobei sich ja bekanntlich eine weitgehende Bestätigung der Bohrschen Atomtheorie ergeben hat.

Entsprechend diesem Einteilungsprinzip behandelt nach einer kurzen Einleitung der 1. Teil die quantenhafte Energieübertragung langsamer Elektronen an Atome. Als experimentelle Untersuchungsmethode kommt hier die von *J. Franck* und *G. Hertz* ausgebaute Methode des Elektronenstoßes in Frage, die in dem Gerlachschen Buche zum ersten Male eine vollständige zusammenfassende Darstellung erhält. Die experimentellen Anordnungen, die zur Bestimmung der Resonanz- und Ionisierungspotentiale ausgearbeitet worden sind, werden ausführlich beschrieben und die teils von *Franck* und *Hertz* selbst, teils von einer Reihe von englischen und amerikanischen Forschern stammenden Meßergebnisse diskutiert. Es ergibt sich bekanntlich das Resultat, daß nur bestimmte quantenhafte Energiebeträge an ein Atom durch Elektronenstoß übertragbar sind. Die zugeführte Energie dient dazu, ein Elektron des Atoms auf eine höhere Quantenbahn zu heben, von der es unter Emission einer Serienlinie auf eine niedere Quantenbahn zurückkehren kann. Es wird nun ausführlich der Zusammenhang zwischen den quantenhaften Energieverlusten der stoßenden Elektronen und der quantenmäßigen Anregung der Spektrallinien bei all den Stoffen, über die bisher Untersuchungen vorliegen, wiedergegeben. Besonders eingehend sind dabei Quecksilber und Helium behandelt. Die Resultate sind in Tabellen wiedergegeben, der Zusammenhang mit der Bohrschen Atomtheorie wird bis in alle Einzelheiten erörtert und an graphischen Darstellungen der Serienspektren erläutert. Die interessanten Fragen nach der Gültigkeit des Auswahlprinzips und seiner Durchbrechung, der Entstehung

metastabiler Zustände, ferner beim Helium besonders die Rückschlüsse, die man aus den Ergebnissen des Elektronenstoßverfahrens auf den Bau des Atoms ziehen kann, finden eine ausführliche Wiedergabe. Zum Schluß dieses Kapitels wird in der Fluoreszenzanregung von Serienlinien, vor allem der von *Wood* entdeckten Resonanzfluoreszenz, die zweite neben dem Elektronenstoßverfahren mögliche Methode zur quantenhaften Übertragung von Energie an die Atome, besprochen und in ihren Ergebnissen im Sinne der Bohrschen Theorie gedeutet. Man wird es dem Verfasser als besonderes Verdienst anrechnen müssen, daß er gerade diese Dinge so ausführlich behandelt hat, man wird auch zugeben, daß der Inhalt geschickt und klar dargestellt ist, vielleicht wird man aber in der Form der Darstellung einige Unebenheiten bei einer evtl. Neubearbeitung noch beseitigen können.

Das nächste Kapitel ist der quantenhaften Energieübertragung schneller Elektronen an Atome und der Entstehung der Röntgenstrahlen gewidmet. Das Quantenhafte dieses Prozesses äußert sich beim kontinuierlichen Röntgenspektrum in dem Auftreten einer kurzwelligen Grenze, bei der Anregung der Serienlinien in den Absorptionsbandkanten. Besonders ausführlich wird im Zusammenhang mit der kurzwelligen Grenze des kontinuierlichen Spektrums die aus deren Messung mögliche Präzisionsbestimmung der Planckschen Konstante h erörtert. Das folgende Kapitel ist dem lichtelektrischen Effekt gewidmet, wobei es sich um den umgekehrten Vorgang der Umwandlung eines Lichtquants in kinetische Energie eines Elektrons handelt. Auch hier wird das vorliegende experimentelle Material in entsprechender Auswahl mitgeteilt und kritisch diskutiert. Besonders wird versucht, die Diskrepanz zwischen den Versuchen von *Ramsauer* und von *Millikan* aufzuklären. Auf die Fehlerquellen, die es unmöglich machen, auf lichtelektrische Messungen eine Präzisionsbestimmung von h aufzubauen, wird hingewiesen. Ein letztes sehr interessantes Kapitel behandelt den Zusammenhang zwischen der Quantentheorie und photochemischen Prozessen. Bekanntlich verdanken wir *Einstein* die Erkenntnis, daß der primäre Vorgang bei einer photochemischen Reaktion die Absorption eines Lichtquants $h \cdot \nu$ durch die reagierende Substanz ist. Es wird gezeigt, daß die daraus folgenden Schlüsse in Übereinstimmung sind mit den experimentellen Ergebnissen bei denjenigen photochemischen Reaktionen, die überhaupt eine Prüfung der Gesetze, speziell des Einsteinschen Äquivalenzgesetzes, zulassen. Dort, wo Schwierigkeiten auftreten, werden diese überwunden durch die besonders von *Stern* und *Volmer* eingeführte Annahme über die Art der Absorption des Lichtquants, die entsprechend der Bohrschen Atomtheorie zunächst dazu dient, ein Elektron auf eine höhere Quantenbahn zu heben. Das hierdurch entstehende angeregte Atom oder Molekül ist dann reaktionsfähig. Auch diese allerneuesten Vorstellungen finden in *Gerlachs* Buche eine klare und, soviel dem Referenten bekannt ist, in diesem Zusammenhange erstmalige Darstellung.

Ganz generell wird man als einen der Hauptvorteile des Gerlachschen Buches anführen müssen, daß es modern ist und in allen seinen Teilen bis zu den letzten Forschungsergebnissen mitgeht. Deswegen wird es gerade dem Forscher, der auf diesem Gebiete arbeitet, aufs beste empfohlen werden können, zumal da die am Schluß jedes Kapitels angebrachten, mit kurzen Inhaltsangaben versehenen, vollständigen Literaturverzeichnisse ein ergänzendes Studium der Ori-

nalarbeiten erleichtern. Man wird dem Buche aber auch unter Chemikern und im Lehrberufe tätigen Naturwissenschaftlern eine weite Verbreitung und, damit einige sinnentstellende Druckfehler sowie stilistische Unebenheiten entfernt werden können, eine baldige zweite Auflage wünschen dürfen.

W. Grottrian, Göttingen.

Pax, Ferdinand, *Die Tierwelt Schlesiens*. Jena Gustav Fischer, 1921. VIII, 342 S., 100 Abbildungen im Text und 9 Karten. Preis geh. M. 48,—; geb. M. 58,—.

In einer kleinen, aber gehaltvollen Reihe zusammenfassender Schriften, die die Gesamtnaturgeschichte der preußischen Provinz Schlesien zu der bestdurchforschten unseres Vaterlandes machen, bildet dieses Buch vorläufig den Schluß. Vor einem Vierteljahrhundert begann die berufenste Feder unter den deutschen Geographen das landeskundliche Wissen um das obere und mittlere Stromgebiet der Oder aufzuzeichnen, und seit 1911 liegt „Schlesien“ von Joseph Partsch als die vorbildliche deutsche Heimatkunde fertig vor. Etwa um dieselbe Zeit haben Gürich, Frech und andere die *schlesische Erdgeschichte* zu erzählen begonnen, hat von Hellmann klare Einblicke in die *Klimatologie* der Provinz gegeben (er lieferte die vortrefflichen Regenkarten) und entstanden aufschlußreiche Arbeiten zur *Bodenkunde* Schlesiens, so daß sich die in Schlesien von jeher mit Hingebung gepflegten biogeographischen Studien auf wohl definierter physikalischer Grundlage bewegen und Schilderungen zeitigen konnten, wie sie Ferdinand Pax (der Vater) 1915 für *Schlesiens Pflanzenwelt* und Ferdinand Pax (der Sohn) heute für die *schlesische Tierwelt* entworfen haben. Gemeinsam wie das Ziel der Forschung ist diesen Schriftstellern übrigens auch die Art der Darstellung; genau vertraut mit dem Stoff, den sie bearbeiten, halten sie sich fern von der bei geographischen, floristischen und faunistischen Studien oft beliebten „gründlichen Oberflächlichkeit“ und legen wohl abgewogene und leicht lesbare Schilderungen vor.

Am Anfang des neuen Buches steht die „Geschichte der faunistischen Erforschung Schlesiens“; es ergibt sich daraus, daß das Gebiet an höheren Tieren beherbergt 51 Säugetiere, 318 Vögel, 8 Reptilien, 13 Amphibien und 41 Fische, und daß an Wirbellosen bisher gezählt sind 4616 Arten Käfer, 2315 Schmetterlinge, über 1800 Hummeln, Bienen und Schlupfwespen, 171 Muscheln und Schnecken, 74 Heuschrecken, 61 Wasserjungfern und 48 Tausendfüßer und Asseln. Die Untersuchung selbst beginnt mit einer lebendig geschriebenen Darstellung der „Tierwelt der Vorzeit“ und bestimmt alsdann „Alter und Herkunft der rezenten Tierwelt“. Dieses für das ganze Werk grundlegende Kapitel arbeitet mit viel Glück den Begriff der *Faunenelemente*, der Artgemeinschaften gleicher Provenienz, heraus und weist überzeugend nach, daß die schlesische Tierwelt aus 11 Faunenelementen zusammengesetzt ist, dem borealen, dem europäisch-sibirischen, dem sibirischen, dem mitteleuropäischen (sarmatischen), dem atlantischen, dem submediterranen, dem pontischen, dem nordisch-alpinen, dem arktischen, dem alpinen und dem sudetokarpathischen. „Der nordisch-alpine Verbreitungstypus ist bisher recht verschieden aufgefaßt und nicht immer mit wünschenswerter Schärfe definiert worden. Vor allem haben manche Autoren den Unterschied zwischen nordisch-alpinen Arten und *Glazialrelikten* übersehen. Die nordisch-alpine Art ist ein tiergeographischer Begriff, der nur die räumliche Verteilung in der Gegenwart berücksicht-

sichtigt, Glazialrelikt dagegen eine Bezeichnung, welche der Zeit und den Ursachen der heutigen Verbreitung Rechnung trägt.“ Am Schluß einer hier eingefügten Erörterung über den *Endemismus* kommt der Verfasser zu dem interessanten Ergebnis, daß die *Kassendifferenzierung* in Schlesien am stärksten auf den Abhängen seiner Gebirge und in denjenigen Teilen seines Wassernetzes auftritt, die den Zusammenhang mit dem Hauptstrom verloren haben. Ein weiteres Kapitel behandelt die Wandlungen der Fauna in historischer Zeit (hierbei fallen gute Bemerkungen über *Melanismus* bei Schmetterlingen) und die letzten Kapitel schildern die regionale Gliederung der Fauna: das Flachland, das Hügelland und das Bergland.

Die letzten drei Seiten des Buches enthalten den Versuch einer Zusammenfassung des fast überreichen Ertrages der Arbeit. „In der schlesischen Ackerebene herrscht die Fauna der Kultursteppe. Im Odertal ist das Inundationsgebiet des Stromes durch eine eigenartige Tierwelt ausgezeichnet, deren Zusammensetzung durch die periodische Wiederkehr der Hochwässer bestimmt wird. Oberhalb der Malapanemündung trägt die Tierwelt einen anderen Charakter als im Odertal Mittel- und Niederschlesiens. Eine besonders reiche Fauna findet sich in den Auwäldern des Odertales und in den Altwässern, die den Flußlauf begleiten. Die niederschlesische Heide enthält atlantische Typen in etwas reichlicherer Beimischung als die übrigen Teile Schlesiens. Ihre Moor- und Teichlandschaften zeichnen sich durch einen erstaunlichen Reichtum an Glazialrelikten aus, die überwiegend dem nordisch-alpinen Faunenelement angehören. Das oberschlesische Waldgebiet nimmt in faunistischer Beziehung eine Mittelstellung zwischen der schlesischen Ackerebene und dem Hügelland Oberschlesiens ein. Das oberschlesische Hügelland ist vor allen übrigen Teilen Schlesiens durch den Besitz einer wärmeliebenden Kalkfauna ausgezeichnet. Den Landrücken bewohnt eine wärmeliebende Hügelfauna mit östlichem Einschlag. Das subsudetische Hügelland beherbergt eine montane Tierwelt, die sich eng an die Fauna der Sudeten anschließt. Im Gegensatz zu der erst in postglazialer Zeit eingewanderten Fauna des schlesischen Flachlandes finden sich unter der Tierbevölkerung des subsudetischen Hügellandes auch präglaziale Relikte. Die Sudetenfauna grenzt sich äußerst scharf gegen die Tierbevölkerung der Ebene ab. Während die montane Fauna sich ziemlich gleichmäßig über den ganzen Sudetenhang verbreitet, ist die subalpine Fauna auf das Riesengebirge, Glatzer Schneegebirge und Altwatergebirge beschränkt. Die Tierwelt der Ostsudeten ist im wesentlichen karpathisch-alpin, diejenige der Westsudeten nordisch-alpin. So stimmen die Ergebnisse der tiergeographischen Untersuchungen in Schlesien in allen wesentlichen Punkten mit den Befunden der Pflanzengeographie überein. Die Pflanzen und Tiere unserer Heimat sind Schicksalsgenossen, in denen die Erinnerung an die gemeinsame Vergangenheit fortlebt, bald mit deutlichen Lettern eingegraben, bald bis zur Unkenntlichkeit verwischt wie eine alte Schrift.“ Mit einem Ausblick auf die „Aufgaben der zukünftigen Forschung“ schließt das Werk. Thilo Krumbach.

Kühn, Alfred, *Morphologie der Tiere in Bildern*. 1. Heft: Protozoen; 1. Teil: Flagellaten. Berlin. Gebrüder Bornträger, 1921. 106 S. und 201 Abbildungen. Preis M. 21,—.

Der Gedanke, den Einblick in die tierische Morphologie durch eine ausgewählte Sammlung von Ab-

Bildungen der äußeren und inneren Formzustände des Tierkörpers zu fördern, kann gar nicht freudig genug willkommen geheißen werden. Denn kein noch so reger Fleiß, keine noch so große Bibliothek und kein noch so brillantes Gedächtnis können dem Forscher wie dem Studenten das an Einsichtsmöglichkeiten bieten, was ihnen ein planmäßig ausgeführtes Bilderwerk nahezu mühelos vermittelt. Und so muß die zur Tat gewordene Idee mit um so lebhafterem Danke begrüßt werden, je deutlicher sich — wie eben hier vor dem Kühnschen Buch — bei der näheren Betrachtung der Arbeit ergibt, daß eindringlichste Kenntnis, Umsicht und Feinsinnigkeit zugleich an Werke gewesen sind. Der Verfasser möchte „durch Anschauung zur vergleichenden Betrachtung und zum Verständnis der tierischen Baupläne hinführen“, und er begleitet die Bilder durch „Übersichten über die Bauverhältnisse in den Gruppen des Tierreichs und über die durch morphologische Vergleichung sich ergebenden Verwandtschaftsbeziehungen“, erörtert „Möglichkeiten der Ableitung der Typen aus einander“ und gibt daneben noch besondere Figurenerklärungen. „Vollständigkeit in der Wiedergabe der bekannten Formen“ ist nicht beabsichtigt. „Ich möchte“, so wird ausdrücklich erklärt, „eine Auswahl von Formen geben, die Organisationstypen und ihre Abwandlungen zeigen.“ Um die Vergleichung zu erleichtern, um das mehreren Formen Gemeinsame hervortreten zu lassen, mußten die Bilder einseitig überarbeitet werden, mußte auch die einzelne Tierspezies in gewisser Hinsicht schematisiert werden, und werden auch künftig die die höheren Gruppentypen verbildlichenden Schemata eine sorgfältige Durchbildung erfahren müssen.

Das vorliegende Heft befaßt sich nur mit der Klasse der Flagellaten unter den Urtieren (Protozoen) und widmet diesen (teils pflanzlichen, teils tierischen) Organismen auf 106 Seiten 201 ausführliche Abbildungen und einen knappen Text. Die Abbildungen gehen, wo immer möglich, auch auf die entwicklungsgeschichtlichen Formzustände ein. Nebenher zeigen Text und Bilder, wie vieles noch in der Flagellatennaturgeschichte der Aufhellung harret, was an sich schon ein Verdienst ist, das man dem Verfasser nicht hoch genug anrechnen kann.

Für die künftigen Hefte hätten wir jedoch einen Wunsch, nämlich, daß unter dem Bilde immer der Name erschiene; Form und kürzeste Formel für die Form gehören zusammen, Bild und Name sollten sich immer mühelos assoziieren können. *Thilo Krumbach.*

Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft.

Die Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft, die am 15. und 16. September in Jena stattfand, brachte eine solche Fülle vielseitiger Vorträge und Demonstrationen — von 36 angekündigten Vorträgen fielen nur einige wenige aus —, daß hier nur über einiges von allgemeinerer Bedeutung kurz berichtet werden kann.

Die Verhandlungen des zweiten Tages waren dem allgemeinen Thema „Grenzflächenkräfte“ gewidmet und wurden durch einen Vortrag von *H. Freundlich* über „Konzentrations- und Potentialgefälle an Grenzflächen“ eingeleitet. Während die an den Grenzen zwischen einer Lösung und einem Gase oder zwischen zwei nicht mischbaren Lösungen sich einstellenden

Konzentrationsverhältnisse gemäß dem zweiten Hauptsatz aus der Beeinflussung der Oberflächenspannung durch die gelösten Stoffe sich berechnen lassen, entziehen sich bei festen Körpern in Gasen oder in Flüssigkeiten die Grenzflächenspannungen der Messung. Hier sind daher vorteilhafter die Anziehungskräfte des festen Stoffes auf die Molekeln des Gases oder der Lösung in Betracht zu ziehen, ausgeübt durch die an der Oberfläche des festen Körpers ungesättigten Valenzen (*Haber, Langmuir* u. a.). Je nachdem die Adsorption in diesen Fällen unspezifisch ist (wie bei den meisten Gasen und gelösten organischen Stoffen) oder aber der chemischen Verwandtschaft entspricht (wie bei starken Elektrolyten), wird man an „Restvalenzen“ oder an Hauptvalenzen denken. — Bei den elektromotorischen Kräften an Grenzflächen zwischen festen Körpern und Elektrolytlösungen ist zu unterscheiden zwischen dem Nernstschen Phasengrenzpotential ϵ und dem elektrokinetischen Potential ζ (das sich einerseits in den Strömungspotentialen beim Durchtritt der Lösung durch Diaphragmen oder Kapillaren, andererseits in der Elektrokataphorese äußert). Jenes wird an Metalloberflächen nur von der Konzentration der Metallionen in der Lösung, an Glasflächen nur von der Konzentration von H^+ und OH^- in beiden Fällen aber gar nicht von der Gegenwart adsorptiver Stoffe beeinflusst, während dies bei ζ in hohem Maße der Fall ist. Zur Erklärung wird angenommen, daß die elektrische Doppelschicht nicht nur molekulare Ausdehnung hat, sondern etwas tiefer in die Flüssigkeit hineinreicht. Bei Bewegung der beiden Phasen gegeneinander stellt dann ϵ die Spannung zwischen der festen Phase und dem inneren Teile der Flüssigkeit, ζ diejenige zwischen der an der Wand anhängenden Flüssigkeitsschicht und dem Inneren dar.

A. Eucken, der über „die Theorie der Adsorptionsvorgänge“ sprach, ging von den Untersuchungen *Langmuirs* aus, der aus Messungen der Adsorption außerordentlich verdünnter Gase an definierten Oberflächen von Glimmer, Glas, später auch Platin, gefolgert hatte, daß die Adsorptionsschicht nur die Dicke einer einzelnen Molekel hat und in den untersuchten Fällen sogar im Sättigungszustande die Oberfläche nur zum kleinen Teile deckte. Indem *Eucken* das Adsorptionsgleichgewicht auf das Wechselspiel zwischen der Wärmebewegung des Gases und den — auf sehr kleine Entfernung wirkenden — anziehenden und abstoßenden Kräften der festen Wand zurückführt, leitet er unter Anwendung der gewöhnlichen mechanischen Potentialtheorie auf diese Kräfte (wobei aber die Exponenten der Kraftgesetze zunächst unbekannt sind) Gleichungen ab, die die Temperaturabhängigkeit des linearen Teils der Adsorptionskurve für die Adsorption von Stickstoff an Kohle zwischen $+100^\circ$ und -180° leidlich wiedergeben.

Im Zusammenhang damit sei der Vortrag von *F. Paneth* erwähnt, dem es auf elegante Weise gelungen ist, die Oberfläche eines Pulvers und damit die Dicke der Adsorptionsschicht zu messen. Gefälltes Bleisulfat setzt sich beim Schütteln mit Wasser mit diesem sehr schnell ins Gleichgewicht. Wird nun dem Wasser ein radioaktives Isotop von Blei, z. T. ThB zugesetzt, so wird auch dieses nach kurzer Zeit (Bruchteilen einer Minute) durch kinetischen Austausch des gelösten Stoffes mit der festen Oberfläche im Gleichgewicht sein, wobei wegen der Gleichartigkeit der beiden Isotopen ihr Verhältnis in der Lösung das gleiche sein muß, wie auf der Oberfläche des Pulvers. Bestimmt man also durch Messung der Radioaktivität

einerseits der Lösung, andererseits des Pulvers, das Verhältnis von ThB in der Lösung zu ThB auf der Oberfläche, so ist dies auch das Verhältnis der Bleiatome in der Lösung (die durch Analyse bekannt sind) zu den Bleiatomen auf der Oberfläche des Pulvers; man erhält so die „spezifische Oberfläche“, d. h. die Menge Pb auf der Oberfläche von 1 g Bleisulfatpulver, die naturgemäß je nach den Fällungsbedingungen verschieden groß ist. Bei etwas gröber kristallinen Pulvern, wo sich die Oberfläche auch nach mikroskopischen Messungen schätzen ließ, ergab sie sich nur halb so groß wie nach der radioaktiven Messung, entsprechend der Überlegung, daß sich mikroskopisch nur ein Minimalwert, durch jenes Verfahren aber ein Maximalwert finden läßt (weil immerhin einzelne Atome ThB schon etwas ins Innere gedrungen sein können). Bei der Bestimmung der an einem solchen Bleisulfatpulver von bekannter Oberfläche adsorbierten Menge eines Farbstoffes ergab sich nun — unter Berücksichtigung der Raumerfüllung der Farbstoffmolekeln —, daß höchstens 17% der Oberfläche mit einer einfachen Schicht der Farbstoffmolekeln bedeckt waren.

Auf die mit dem allgemeinen Thema zusammenhängenden Vorträge von Volmer (die Geschwindigkeit des Molekelaustausches an Phasengrenzflächen) und Berenyi (von Polanyi vorgetragen, über die theoretische Bearbeitung gewisser Adsorptionsmessungen) kann hier nur hingewiesen werden.

Die technischen Anwendungen der Grenzflächenkräfte wurden in drei z. T. durch experimentelle Vorführungen erläuterten Vorträgen behandelt. A. Nathanson erörterte die wissenschaftlichen Grundlagen der Erzaufbereitung nach dem Schaumschwimmverfahren (Flotationsverfahren). An einem Beispiel — der Trennung von Kupferkies und Schwerspat, die annähernd gleiche Dichte haben, durch Suspendierung in Wasser, das mit etwas Öl und Säure versetzt ist, und Rührung mit Luft, wobei Kupferkies allein in den Schaum tritt — zeigte er die verwickelten Ursachen und Bedingungen des technischen Erfolges. Es spielen dabei die verschiedene Benetzbarkeit der beiden Mineralien durch Wasser und durch Öl, ihre verschiedene Neigung, sich an die Luftblasen zu heften, die wieder durch das Öl beeinflusst wird, die Begünstigung der Schaumbildung durch das Öl, die Flockenbildung aus Erzteilchen und Öl und deren Beeinflussung durch Wasserstoffionen und andere Ionen usw. eine Rolle.

P. H. Prausnitz referierte ausführlich über die technischen Verfahren der Elektrophorese und Elektrodialyse, z. B. zur Reinigung von Leim, zur Trocknung von Kaolin und Ton, zur Farbstoffreinigung, zur Gerbung, zur Lederfärbung, zur Erzeugung von Farblacken auf Geweben.

Kerschbaum schilderte die wissenschaftliche und technische Entwicklung des zuerst von Cottrell praktisch durchführbar gestalteten Verfahrens der Phasentrennung durch elektrische Felder. Besonders seitdem mechanische Gleichrichter für Hochspannungsströme gebaut werden können, gelingt es, durch Aufladung eines dünnen gespannten Drahtes mit Spannungen von 50 000 Volt in der Mitte eines geerdeten Zylinders, durch den das zu reinigende Gas strömt, aus diesem Rauch, Staub, Nebel oder wertvolle Pulver sehr weitgehend zu entfernen. Dabei wird z. B. der Staubgehalt eines Gasstromes auf einer Strecke von 6 m in wenigen Sekunden von 50 g/cbm auf 0,08 g herabgedrückt. Das Verfahren, das sowohl in einem größeren Versuche, wie in zahlreichen Abbildungen vorgeführt wurde, hat na-

mentlich in Amerika große Anwendung gefunden, so zur Wiedergewinnung des Staubes in der Zementindustrie für die Darstellung von Kaliumsalzen, zur Abscheidung wertvoller metallhaltiger Pulver (Blei, Kupfer, Zink, Zinndioxyd), von Tonerde, Soda, zur Entfernung von Arsenik aus den Röstgasen der Pyritöfen, zur Niederschlagung von Schwefelsäurenebeln hinter den Konzentrationsapparaten, zur Reinigung der Generatorgase von Teer, Staub und Wasser, zur Reinigung der Gichtgase.

Die Bedeutung der Grenzflächenkräfte für die Geheimnisse des Lebens beleuchtete O. Warburg in einem fesselnden Vortrage über Oberflächenreaktionen in lebenden Zellen, in denen er seine letzten Arbeiten auf diesem Gebiete kurz zusammenfaßte. Ausgehend von der Beobachtung, daß oberflächenaktive, adsorbierbare Stoffe — Narkotika — die Atmung von Blutzellen und die Assimilation grüner Zellen hemmen, und zwar ganz entsprechend dem Maße ihrer Adsorbierbarkeit, nimmt Warburg an, daß Atmung und Assimilation an festen Oberflächen in den Zellen vor sich gehen und daß die Hemmung in der Verdrängung der reagierenden Stoffe von der Oberfläche durch die adsorptiven Stoffe beruht. Dem entspricht es, daß bei Vogelblutzellen, die durch Erstarren in einer Kältemischung und Wiederauftauen zerrissen und in klare Lösung und feste Zellbestandteile getrennt sind, nur diese noch die Atmung zu unterhalten vermögen. Ein Modell des Atmungsvorganges bildet eine wässrige Suspension von Kohlepulver, an dem z. B. Aminosäuren (die sonst in Lösung auch bei Gegenwart von Katalysatoren beständig sind) durch einen Sauerstoffstrom vollständig verbrannt werden. Narkotika wirken auf die Modellatmung genau wie auf die natürliche, indem sie, wie man unmittelbar beobachten kann, die Aminosäuren von der Kohle verdrängen; ist die Hälfte verdrängt, so ist auch die Oxydationsgeschwindigkeit auf die Hälfte gesunken. Blausäure verhält sich abnorm: ihre hemmende Wirkung ist außerordentlich viel stärker, als ihrer Adsorbierbarkeit und ihrem Molekularvolumen entspricht, so daß sie schon wirkt, wenn nur sehr kleine — wahrscheinlich aber lebenswichtige — Teile der Oberfläche von ihr bedeckt sind. Nun enthalten alle lebenden Zellen als lebenswichtigen Bestandteil Eisen, und zwar in einer Menge, die der Größenordnung nach der wirksamen Blausäuremenge entspricht. Daher nimmt Warburg an, daß das Eisen in den Zellen als Katalysator der Atmung dient und durch Blausäure unwirksam gemacht wird. Auch am Kohlemodell der Atmung wirkt Eisen beschleunigend, aber nicht als gelöstes oder adsorbiertes Eisensalz, sondern nur, wenn die damit getränkte Kohle getrocknet und gegläht worden ist. So gelangt man zu der Vorstellung, daß die reaktionsfähigen Oberflächen der festen Zellbestandteile ein Mosaik überwiegend eisenfreier und zum kleinen Teile eisenhaltiger Bezirke bilden; Sitz der Atmung und wahrscheinlich auch der Assimilation sind lediglich die metallhaltigen Bezirke. Blausäure verdrängt die Stoffe von diesen Stellen und bringt dadurch Atmung und Assimilation zum Stillstand; Narkotika verdrängen die Stoffe von beiderlei Bezirken in gleichem Maße.

Biochemische Probleme wurden auch in mehreren Einzelvorträgen behandelt. So entwickelte F. Weigert in seinem Vortrage Photochemie der Retina die Grundzüge einer neuen Theorie des Farbsehens. Während das Dämmerungssehen photochemisch aufgeklärt ist und auf der Ausbleichung des Sehporpurs in den „Stäbchen“ der Netzhaut beruht, deren Geschwindigkeit der

absorbierten Lichtenergie proportional ist, sind die das Farbensehen vermittelnden „Zapfen“ merkwürdigerweise farbertüchtig, obwohl anscheinend farblos. Aber schon *Hering* hat angenommen, daß sie nicht ganz frei von Sehpurpur sind, sondern Spuren davon enthalten. Sie werden sich also wie sehr verdünnte Farbstofflösungen verhalten. Diese zeigen, wie z. B. aus Versuchen mit verdünnten Cyanin-Kollodium-Schichten hervorging, gegenüber verschiedenfarbigem Lichte die Erscheinung der *Farbanpassung*: das Absorptionsspektrum des Farbstoffs verliert seine Bedeutung und alle Farbstoffe werden ähnlich den Photochloriden, deren Farbanpassung nach Belichtung mit verschiedenfarbigem Lichte schon länger bekannt ist. Diese hier nur angedeutete „Farbanpassungstheorie des Farbsehens“, die noch des weiteren Ausbaus bedarf, würde die Grundforderung einer solchen Theorie erfüllen, daß nämlich die qualitativ verschiedenen Sinneseindrücke auf qualitativ verschiedene physikalische Einwirkungen zurückgeführt werden.

In die Geschmacksphysiologie führte der Vortrag von *Th. Paul* „Der Süßungsgrad natürlicher und künstlicher Süßstoffe“. Nach seinen gemeinsam mit dem Psychologen *Pauli* angestellten Versuchen hat sich herausgestellt, daß die Süßkraft des Saccharins und die des Dulcins im Vergleich zum Rohrzucker keine konstanten Zahlen, sondern in hohem Maße von der Verdünnung abhängig sind; sie nehmen mit steigender Verdünnung zu, bei Saccharin (Kristallose) etwa von 200 bis 700, bei Dulcin etwa von 70 bis 350. Noch merkwürdiger ist ihr Verhalten in Gemischen, wobei sich der süße Geschmack einfach addiert. Dadurch ist es möglich, die hohe Süßkraft in verdünnter Lösung zur Herstellung von Süßstoffgemischen mit besonders hoher Wirksamkeit auszunutzen, wobei der Süßungsgrad des Saccharins durch Zusatz des weniger süß schmeckenden Dulcins unverhältnismäßig stark erhöht wird. So schmeckt z. B. eine Lösung von 280 mg Saccharin und 120 mg Dulcin in 1 Liter Wasser ebenso süß, wie eine solche von 535 mg Saccharin allein. Die Zusammensetzung derartiger „ausgezeichneter Gemische“, die zudem angenehmer und vollmundiger schmecken als Saccharin allein, wurde durch Rechnung und Versuche ermittelt und so für die Praxis eine Ersparnis an Süßstoff angebahnt.

Die neuen Einblicke in das chemische Verhalten der Metallegierungen, die wir *G. Tammann* verdanken¹⁾, wurden durch seinen Vortrag „Das chemische Verhalten metallisch leitender Verbindungen“ erweitert. Er zeigte darin, wie aus den chemischen „Einwirkungsgrenzen“ meist keine Schlüsse gezogen werden können, ob Mischkristalle oder chemische Verbindungen vorliegen. Das gleiche gilt auch von den elektrochemischen Spannungen, die häufig zwischen mehreren Gliedern einer binären Verbindungsreihe gar keinen oder nur einen sehr geringen Unterschied aufweisen. Erst bei höherer Temperatur treten charakteristische Unterschiede auf: Während bei Mischkristallen durch genügende Erhitzung die Spannungssprünge sich völlig verwischen, treten bei Verbindungsreihen im Gegenteil neue Spannungen auf (z. B. im System $Zn + Sb$ eine der Verbindung $ZnSb$ eigentümliche Spannung). Das Wesen dieses Unterschiedes ist folgendes: bei Mischkristallen diffundieren die beiden Bestandteile unabhängig voneinander, bei chemischen Verbindungen gemeinsam. Die Existenz der Molekeln in Kristallen erhält eine physikalische Be-

deutung erst dann, wenn die Temperatur eine selbständige Bewegung erlaubt; bei Temperaturen, wo nur Schwingungen um die Gitterplätze stattfinden, hat der Begriff der Molekel keinen Sinn.

Gelegentlich seines Vortrages „Die Temperaturmessung unterhalb 0°“ führte *Henning* u. a. ein wichtiges Ergebnis aus den Präzisionsmessungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an. Danach konvergieren für die Gase Helium, Wasserstoff und Stickstoff sowohl die Ausdehnungskoeffizienten wie die Spannungskoeffizienten bei abnehmendem Druck gegen den Wert (für $p = 0$) 0,003 660 4. Daraus berechnet sich der absolute Nullpunkt zu $-273,20^\circ$.

Die zahlreichen sonstigen Vorträge systematischen (*W. Biltz*), physikochemischen (*Polanyi, Reis, G. Meyer, Skaupy*), elektrochemischen (*Fichter, von Euler*), thermochemischen (*Roth, von Wartenberg*), kolloidchemischen (*I. Traube, Lottermoser, von Hahn*), reaktionskinetischen (*Eggert*), analytischen Inhalts (*H. P. Kaufmann*) können hier nur erwähnt werden.

Von den Demonstrationen interessierten außer den oben genannten technischen besonders die lumineszierenden Siliciumverbindungen *Kautskys* und die neuen, von *E. Tiede* vorgeführten phosphoreszierenden Gemische, die als wesentlichen Bestandteil entweder Magnesiumsulfid oder aber Borsäurehydrat mit gewissen organischen Stoffen enthalten.

Fr. Au.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

Sitzung am 4. April 1921.

Der Vorsitzende, *v. Lucanus*, eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache an den langjährigen Generalsekretär der Gesellschaft, Geheimrat *Reichenow*, anlässlich seines Ausscheidens aus dem Staatsdienst, der sich in seiner 33jährigen Tätigkeit als Kustos der Ornithologischen Abteilung des Museums für Naturkunde in Berlin große Verdienste um die Förderung der Ornithologie erworben hat. Die Bausammlung des Museums ist unter der Verwaltung *Reichenows* von 27 000 auf 100 000 Vögel angewachsen. Fast 1000 neue Vogelarten sind von *Reichenow* beschrieben, und benannt worden.

Heinroth zeigte einen lebenden 5 Tage alten Gänsegeier, der im Berliner Zoologischen Garten erbrütet wurde und von *Heinroth* aufgezogen wird. Die Brutzeit dauerte 45 Tage. Der junge Geier war mit weißlichen Daunen bedeckt, die dem Gefieder des alten Vogels entsprechend an Kopf und Hals bedeutend kürzer waren. Das Gewicht des jungen Vogels betrug am Tage des Ausschlüpfens 200 g. Die Eltern brüteten abwechselnd mit zweitägiger Ablösung, ohne in der 48stündigen Brutzeit den Horst zu verlassen. Das Ei wurde kurz vor dem Ausschlüpfen aus dem Nest genommen, um zu verhüten, daß die Alten das Junge verzehren, wie es in der Gefangenschaft häufig geschieht.

Schuster teilte mit, daß er in den letzten Märztagen auf dem Brocken Hausrotschwänze und Buchfinken ziehen sah, und meinte, daß diese Beobachtung für eine große Zughöhe spräche. *v. Lucanus* vertrat die Ansicht, daß eine Zughöhe direkt über dem Brocken, also in ca. 1100 Meter Höhe, als niedrig zu betrachten sei im Vergleich zu den großen Zughöhen von vielen Tausend Metern, von denen *Gütke* in seiner „Vogelwarte Helgoland“ spricht, und die durch die moderne Vogelzugforschung.

¹⁾ Vgl. Naturw. 1921, S. 619/20.

— Aeronautik, Aviatik und Vogelberingung — völlig widerlegt sind.

Herr v. Boxberger entwarf ein fesselndes Bild vom Vogelleben im tropischen Afrika, das nach seiner Ansicht im ostafrikanischen Steppengebiet viel reichhaltiger ist als im westafrikanischen Waldgebiet. Auffallend groß ist die Zahl der Vögel, die geschlossene Nester bauen, worin wohl ein Schutz der Brut gegen die sengenden Sonnenstrahlen und die heftigen Regengüsse der Tropen zu sehen ist.

Sitzung am 2. Mai 1921.

Der Vorsitzende, v. Lucanus, teilte mit, daß Schalow für seine großen Verdienste, die er sich in seiner 14jährigen Tätigkeit als Vorsitzender der Gesellschaft erworben hat, zum Ehrenmitglied ernannt ist. Herr Granvik aus Lund hielt einen von schönen Lichtbildern begleiteten Vortrag über das Menschen- und Tierleben am Elgon in Afrika.

Am 7. Mai fand ein Ausflug der Berliner Mitglieder in das Golmer Luch bei Potsdam statt, dessen reichhaltiges Vogelleben sehr anziehend war. Nester der Bekassine, Löffelente und des Fasans konnten besichtigt werden. Unter den zahlreichen Vögeln der Sumpflandschaft gelangten besonders Gambettwasserläufer, Rohrdrommel, Schilf- und Drosselrohrsänger sowie das bei uns so seltene Blaukehlen zur Beobachtung.

F. von Lucanus, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. (Ernst Küster, Abhandlungen zur theoretischen Biologie, Berlin, Borntraeger, 1921, Heft 10, 44 Seiten.) Nach einem Überblick über die bei Tieren und Pflanzen erreichten höchsten Lebensalter findet Verf., daß auch bei den Pflanzen ein Zusammenhang zwischen Größe und Lebensdauer (Kap. 1) besteht. Daß dabei im Pflanzenreich so gewaltige Dimensionen und ungleich höhere Lebensalter erzielt werden, wird begründet durch die Organisation der Pflanzen als „offene“ Formen, die an Vegetationspunkten und durch kambiale Tätigkeit zu dauerndem Wachstum befähigt sind im Gegensatz zu den „geschlossenen“, bald ausgewachsenen Formen der Tiere. Während äußere, zerstörende Umstände und mannigfache physiologische Faktoren auch den „offenen“ Pflanzen schließlich das Leben begrenzen, so ist nichts darüber bekannt, daß dem Leben von Sprossen, die unter dauernd gleichen äußeren Bedingungen wachsen — Rhizome, Torfmoos — eine Frist des Lebens gesetzt ist.

Die Organisation der Pflanzen als offene Formen bedingt ferner, daß die Erscheinungen des Alterns (Kap. 2) bei den Pflanzen andere sind als bei den Tieren. Im typischen Verlaufe der Entwicklung der Pflanzen schwinden Organe, in lebenden Pflanzen finden sich absterbende und tote Gewebe neben lebenden, geben gewisse Zellen und bestimmte Zellanteile ihre eigene Lebensfunktion auf, während die übrigen Anteile Leben und Funktion behalten. Die Entscheidung über Leben und Tod gewisser Teile des Vegetationskörpers liegt einmal in der spezifischen Eigentümlichkeit dieser Anteile, andererseits ist die Zeit insofern von Einfluß, als im allgemeinen die ältesten jener Anteile zuerst absterben. Die Symptome alternder Pflanzenteile werden in strukturelle und dynamische unterschieden. Als solche ersterer Art spricht Verf. bereits

das Streckenwachstum mit starker Wasseraufnahme seitens der Zellen an, ferner die Anhäufung von Schlackenstoffen als Assimilationssekrete, Membrankrustierungen, Anhäufung von Gerbstoff, Kalkoxalat, Schrumpfung der Chromatophoren, der Kerne u. a., als Symptome dynamischer Art schwächere Assimilationstätigkeit alternder Zellen u. a. Besonders bemerkenswert ist der Unterschied zwischen den von jungen und den von alten Meristemen gebildeten Organen und Geweben.

Bezüglich der kausalen Analyse des Problems des Alterns und des Todes zeigt die Betrachtung der Lebensdauer der Blätter (Kap. 3) und die veränderte Entwicklung und Lebensdauer der Hauptzweige nach Entfernung der Seitenzweige und umgekehrt, daß neben zweifellos wirksamen äußeren Lebensbedingungen entscheidend „innere“ Faktoren maßgebend sind. Korrelationen mannigfaltigster Art. Ferner lehrt die dauernde Verjüngung durch Stecklingskultur, daß es eine erblich festgelegte Wachstums- und Lebensdauer nicht gibt, und aus der Wiederaufnahme und verlängerten Lebensdauer isolierter Blätter und Zellen geht ebenso wie aus der lebensverlängernden Wirkung parasitischer Pilze und Gallenerzeuger auf gewisse Zellkomplexe hervor, daß die im Organismus infolge der Korrelationen realisierten Bedingungen für „geschlossene“, d. h. normal im Wachstum begrenzte Pflanzenteile durchaus nicht immer die optimalen Wachstumsbedingungen sind, sondern im Gegenteil vielfach alternd und tödlich wirken. Küster hält diese Korrelationen für chemisch bedingt und führt die lebensbedrohende und lebensverkürzende Wirkung der Teile aufeinander auf Stoffwechselprodukte der lebenden Zelle zurück, die toxisch wirken. Dabei wird angenommen, daß die verschiedenen Teile des Organismus sich bezüglich dieser Stoffwechselprodukte qualitativ und quantitativ verschieden verhalten. Über die Qualität dieser hypothetischen Stoffe etwas auszusagen und irgendwelche Strukturveränderungen alternder Zellen für den mikroskopisch nachweisbaren Ausdruck der „inneren Sekretion“ zu erklären, wird abgelehnt und vermieden.

Die lange Lebensdauer vieler Fortpflanzungsorgane und Gewebe bei trockener Aufbewahrung (Kap. 4) dürfte mit der Langsamkeit begründet sein, mit der diese Vergiftungstoffe bei äußerst schwachem Stoffwechsel hier gebildet werden.

Zweifellos ist bei vielen Pflanzen die Zellteilungstätigkeit von Bedeutung für die Lebensdauer der Zellen, so wahrscheinlich andererseits auch für botanische Objekte eine lange Lebensdauer ungeteilter Protisten und so sicher eine solche für eine Reihe von Zellen im Gewebsverbande ist. Küster nimmt an, daß durch die Wachstumstätigkeit die Anhäufung jener giftigen Stoffwechselprodukte so verlangsamt wird, daß sie erst in gewaltigen Zeiträumen in spontanem Degenerieren oder Aussterben der Rassen oder Arten zur Geltung kommen kann. Auch die Befruchtung bedeutet vielleicht einen Akt der Verjüngung, indem sich ein Stoffausgleich vollzieht und sich beim Sexualakt zwei irgendwie chemisch verschiedene Einheiten miteinander verbinden. Da für die Differenzierungen pflanzlicher Gewebe chemische Leistungen der Zellen und Zellensorten ebenso von Bedeutung sind wie für das Altern und den Tod der Zellen, so bestehen sicherlich auch bei den Pflanzen Beziehungen zwischen Differenzierung und Altern (Kap. 5). Aus der Tatsache, daß fertig differenziertes Dauergewebe durch Realisierung entsprechender Bedingungen — vor allem kommen Ver-

wundungen und ähnliche Eingriffe in Frage — zu erneuter Aufnahme des Wachstums, zur Kallusbildung, zur Regeneration von Vegetationspunkten veranlaßt werden kann, ist zu schließen, daß wenigstens in vielen Fällen die Stoffwechselprodukte, welche die Differenzierungsvorgänge anregen, oder die Differenzierungsvorgänge selbst den physiologischen Tod der differenzierten Zellen noch nicht unausbleiblich machen.

Die Kapitel sind nicht lang, aber sie enthalten mit ihren ausführlichen Zusätzen bei vielen Einzelheiten und Begründungen der vorgetragenen Anschauungen eine Fülle von Anregungen zum Nachdenken und weiteren Forschen über die vorliegenden Probleme. Daneben ist es von hohem Interesse, wie der Verf. an der Hand von Tatsachen, die oft zu ganz anderem Zweck beobachtet wurden, die hier interessierenden Fragen zu erörtern weiß.

H. Freund.

Phytoplankton von Seen aus Mazedonien. (Vortrag geb. i. d. bot. Sektion d. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur am 25. November 1920 von Dr. Bruno Schröder in Breslau.) Obgleich über das Plankton der Seen Nord- und Mitteleuropas eine Fülle von Beobachtungen vorliegt, ist unsere Kenntnis von dem der größeren stehenden Gewässer Südeuropas noch gering, besonders gilt dies von der Iberischen und der Balkanhalbinsel. Von letzterer gibt es bloß drei kleinere Arbeiten, welche Schwebepflanzen aus Seen behandeln, die übrigens nur am West- und Ostrande der Halbinsel liegen. Dagegen wußte man nichts über diejenigen aus dem unwegsamen Inneren dieses Gebietes.

Während des Weltkrieges sammelte Geheimrat Doflein mit teilweiser Unterstützung durch Dr. Nachtsheim im Frühjahr und im Sommer 1917 und 1918 Planktonmaterial aus dem *Doiransee*, dem *Prespa-* und dem *Ochridasee*, die an der serbisch-albanisch-griechischen Grenze mitten in der Gefechtszone lagen und deshalb nur nächtlicherweise abgefischt werden konnten. Außer diesem Materiale erhielt der Vortragende noch vom Zoologischen Staatsmuseum in Wien Planktonproben, die Dr. Sturany schon im Herbst 1891 aus dem Doiran-, dem Ochrida- und dem in Nordgriechenland gelegenen *Ventrotsee* entnommen hatte.

Das noch am artenreichste Phytoplankton (41 Arten) enthielt der von einem mehrere hundert Meter breiten Gürtel von hohem Schilf umsäumte, fischreiche Doiransee, der Prasiasee des Herodot. Er liegt östlich vom mittleren Wardartale in 148 m Meereshöhe, ist 42 qkm groß und etwa 10 m tief. Das Frühjahrsplankton war reich an Tieren, das des Sommers und des Herbstes führte mehr Schwebepflanzen, von denen Schizophyceen sogar eine blaue „Wasserblüte“ bildeten, wie überhaupt fadenförmige Spaltalgen und koloniebildende Chrysomonaden darin am häufigsten auftraten. Die übrigen untersuchten Gewässer befanden sich ziemlich in gleicher Breite westlich vom mittleren Wardar und sind Hochseen. Der am höchsten (857 m) liegende Prespasee ist mit 228 qkm Oberfläche der größte. Auch in diesem treten Wasserblüten auf, die besonders Arten der Gattung *Anabaena* durch Massenvegetation hervorrufen, aber sein Plankton ist mit nur 19 Schwebepflanzen einförmiger als das des Doiransees. Hier wurde jedoch eine endemische, neue Schwebepflanze gefunden, die zu den Grünalgen gehört: *Lagerheimia Dofleini* n. sp. *Aphanizomenon*-artige Flöckchen erwiesen sich als Jugendstadien von *Anabaena*. Wegen seines kobaltblauen Wassers und seiner überaus reizvollen Umgebung kann der 687 m hoch liegende Ochridasee wohl als der schönste der mazedonischen Seen bezeichnet werden. Er ist mit

285 m auch der tiefste. Seine Oberfläche beträgt 270 qkm. Die in ihm in großen Mengen auftretenden Crustaceen bieten den trefflichen Forellen dieses Bergsees reiche Nahrung. Schwebepflanzen wurden indessen nur 18 Arten festgestellt, die auch nur in wenigen Individuen vorkamen, unter ihnen besonders auch solche, die als *Planktonepibionten* gewissen Cladoceren und Copepoden aufsaßen. Der Ventrotsee, der ebenfalls in ungefähr 850 m Meereshöhe liegt und einige sechzig Quadratkilometer groß ist, war mit 21 Arten von Schwebepflanzen etwas reichhaltiger. Unter ihnen befanden sich namentlich sehr zierliche Formen von Grünalgen aus der Gattung *Pediastrum*, von denen *P. triangulum* bisher nur in Seen der Ebene beobachtet wurde.

Merkwürdig ist, daß in den mazedonischen Seen die Bazillariaceen mit Ausnahme von *Melosira* fast gänzlich fehlen und auch Grünalgen, die sonst in Seen planktonisch gefunden werden, nicht angetroffen wurden. Von *Ceratium hirundinella* traten vier charakteristische Formentypen auf, von der Gattung *Peridinium* nur sehr kleine.

Mit Ausnahme des Ochridasees sind die höher gelegenen Seen Mazedoniens, wie eine allerdings nur ungefähre Schätzung ergibt, auch quantitativ arm an Plankton, was sie übrigens mit anderen Bergseen gemeinsam haben. Gewisse Ähnlichkeit in der Zusammensetzung ihres Phytoplanktons haben die untersuchten Seen mit solchen aus dem bithynischen Kleinasien unweit des Marmarameeres, besonders mit dem des Abullonia-Göll. — (Ausführliche Mitteilungen in den Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien 1921.)

Bruno Schröder.

Die 3. Tagung der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie fand in Eisenach am 29. und 30. September 1921 statt. Escherich, der Gründer und Vorsitzende der Gesellschaft, wies in einem Vortrag über *Die Stellung der angewandten Entomologie im Pflanzenschutz* auf die Notwendigkeit hin, dem Zoologen auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes eine gleiche Stellung einzuräumen wie dem Botaniker. In dieser Frage sei streng zu unterscheiden zwischen *Schädlingsforschung* und *Pflanzenschutzdienst*. Die erstere ist je nach dem Objekt dem angewandten Zoologen oder dem angewandten Botaniker zuzuweisen. Hauptbedingung für beide ist gründlichste wissenschaftliche Vorbildung in ihrem Fach. Der Pflanzenschutzdienst dagegen erfordert Leute der Praxis mit reicher Erfahrung und allgemeiner Beherrschung des Gebietes, einerlei, ob sie nun aus dem landwirtschaftlichen Betriebe, dem zoologischen oder botanischen Studium hervorgegangen sind. Appel, der Leiter der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin, stellte sich auf den gleichen Standpunkt. Dieser Entschluß des Zusammengehens von Behörde, Praxis und Wissenschaft bedeutet nach den Worten Escherichs einen Markstein in der Geschichte unserer Bewegung, dessen günstige Folgen bald zu spüren sein werden. Die Ausführungen von Reh (Hamburg) deckten sich im wesentlichen ebenfalls mit den hier ausgesprochenen Richtlinien.

Die Reihe der wissenschaftlichen Vorträge eröffnete Börner (Naumburg) mit sehr beachtenswerten Mitteilungen über das Wandern und den Wirtswechsel der Blattläuse. Seine Untersuchungen, die er hauptsächlich auf der Nordseeinsel Memmert anstellte, ergaben Wanderstrecken von 80 bis 100 km gelegentlich des Überganges der Blattläuse

von einer Futterpflanze auf die andere. *Martini* (Hamburg) sprach über das Stechen der Stechmücken, ein ebenfalls noch sehr ungeklärtes Gebiet. So hält er es z. B. für wahrscheinlich, daß die gemeine *Culex pipiens* L. den Menschen überhaupt nicht oder nur ausnahmsweise steche und daß das Verhalten unserer Stechmücken in den verschiedenen Gegenden Deutschlands ein sehr verschiedenes sei. *Stellwaag* (Neustadt a. d. H.) schilderte in einem Vortrag über Arsenmittel, Weinbaupraxis und Pflanzenschutz, den Erfolg der Spritzungen mit Schweinfurter Grün gegen den Heu- und Sauerwurm; *Lehmann* (Neustadt a. d. H.) sprach über Neuzeitliche Bekämpfung der Obstmade, ebenfalls mittels Schweinfurter Grün. Über Desinfektion durch Vergasen flüssiger, wasserfreier Cyanverbindungen (Cyklon, Ventox) berichtete *Heerdt* (Frankfurt am Main). Ferner seien genannt die Vorträge von *Wülker* (Frankfurt a. M.) über Parasiten und Feinde des großen braunen Rüsselkäfers, *Blunk* (Naumburg) über die Wirkung arsenhaltiger Gifte auf Ölfuchtschädlinge, Regierungsrat *Zacher* (Berlin) und *Voß* (Göttingen) über verschiedene einheimische oder eingeschleppte Schädlinge. *Wilhelmi* (Berlin) sprach über Versuche zur Bekämpfung der Kriebelmückenbrut durch Wasserstauung. Die Kleidermottenfrage behandelten die beiden Vorträge von *Titschack* (Leverkusen): Zur Biologie der Kleidermotte und *Meckbach* (Leverkusen): Über die Herstellung mottenechter Wolle mittels Eulan. Proben von unbehandelter und mit Eulan behandelter Wolle, welche dem Fraß von Mottenraupen ausgesetzt waren, zeigten durchaus günstige Resultate.

Außer den Vorträgen bekamen die Kongreßteilnehmer einige angewandt-entomologische Filme vorgeführt, die, so begrüßenswert das Unternehmen an sich ist, in den wissenschaftlichen Einzelheiten noch manches zu wünschen übrig lassen.

Sehr erfreulich ist, daß das durch den Krieg unterbrochene Bildertafelwerk der Gesellschaft nunmehr wieder fortgesetzt wird. Der Versammlung wurden zwei neue, eben fertiggestellte Tafeln gezeigt, eine (von *Martini*) über die Fiebermücke, die andere (von *Hase*) über den Floh. Hoffentlich finden diese ausgezeichneten Aufklärungsmittel die verdiente Verbreitung.

Max Dingler.

Parasiten und ihre Bedeutung für die Tiergeographie. Zu dieser Frage liefert *Metcalf*¹⁾ einen interessanten Beitrag, der besonders für das Problem von der konvergenten Entwicklung, das *Dahl*²⁾ gerade, wie mir scheint, mit wenig Glück wieder zur Sprache bringt, von Bedeutung ist. Die Anurenfamilie *Leptodactylidae* findet sich einestheils im tropischen und subtropischen Südamerika, anderenteils in Australien und Tasmanien. Aus diesem Vorkommen wurde einerseits geschlossen, daß zwischen beiden Erdteilen eine Landverbindung bestanden, andererseits, daß eine konvergente Entwicklung gleiche Formen erzeugt habe. Daß letzteres nicht der Fall sein kann, zeigt *Metcalf* an den in den *Leptocephalidae* schmarotzenden *Opalinen*. Charakteristisch für diese Frösche ist die neue Gattung *Zelleriella*. Sie findet sich in amerika-

nischen und australischen Vertretern in so nahe verwandten Formen, daß es schwer ist, sie spezifisch zu trennen. Da weiter auch die Gattung *Zelleriella* nur aus Südamerika und Australien bekannt ist und man wenigstens ohne großen Zwang nicht annehmen kann, daß auch sie sich, wie das etwa ihre Wirte getan haben sollen, konvergent aus anderen Formen entwickelt habe, so ist die Annahme konvergenter Entwicklung bei den amerikanischen und australischen *Leptocephaliden* ebenfalls hinfällig. Sie müssen also aus einem ursprünglich zusammenhängenden Landgebiet stammen.

Auch die südamerikanischen Arten der Gattung *Bufo* beherbergen *Zelleriella*, dagegen tut das keine der in anderen Erdteilen und auch nicht die in Australien lebenden. Die Gattung *Bufo* ist also erst in Südamerika eingewandert, als die Verbindung mit Australien schon unterbrochen war, ein für tiergeographische Zeitbestimmung wichtiges Ergebnis.

Diese Tatsachen und die ihnen zugrunde liegende Methode der vergleichenden Parasitenfaunistik sind recht interessant, wenn auch nicht so „surprisingly convincing“, wie *Metcalf* meint. Wer die Literatur kennt, wird nicht so überrascht sein. Der Platz verbietet leider, hier näher darauf einzugehen. Hinweisen möchte ich nur auf die Zusammenstellung ähnlicher Tatsachen bei *Simroth*³⁾, weil sie leicht zugänglich, wenn auch nicht erschöpfend ist. Der Wert der Arbeit *Metcalfs* als Tatsache sowohl als auch als Anregung soll dadurch nicht herabgesetzt werden. *Simroths* Theorie findet in ihr eine neue Stütze.

H. L. Honigmann.

Der Melanismus der Nonne, *Lymantria monacha* L. (*R. Goldschmidt*, Zeitschr. f. ind. Abst. 25, 1921). Melanistische Formen, deren Flügel viel dunkler pigmentiert sind als beim Normaltypus, treten bei zahlreichen Schmetterlingsgattungen auf. Bei der Nonne im speziellen sind fast alle denkbaren Übergänge von normaler Flügelfarbe bis zu tiefschwarzen Individuen vorhanden; diese Mannigfaltigkeit der Verbindungsstadien hat naturgemäß die Faktorenanalyse im Vererbungsexperiment sehr erschwert. Indes ist neuerdings *Goldschmidt* zu dem Ergebnis gelangt, daß 3 unabhängige, dominante Faktoren für melanistische Färbung vorhanden sind (*A*, *B* und *C*), von denen der eine geschlechtsbegrenzt vererbt wird. Diese Faktoren summieren sich in ihrer Wirkung, es liegt also sogenannte Polymerie vor. Da nun der eine oder der andere Faktor fehlen (*aa*, *bb*, *cc*) und sowohl im homozygotischen (*AA*, *BB*, *CC*) oder im heterozygotischen (*Aa*, *Bb*, *Cc*) Zustande vorliegen kann, so ergeben sich die verschiedensten Kombinationsmöglichkeiten, die das verwirrende Bild eines fast kontinuierlichen Ineinanderfließens der Formen liefern. Nun besteht die merkwürdige Tatsache, daß in den letzten 50 Jahren die melanistischen Abänderungen den Normaltypus mehr und mehr verdrängen. Das beruht zum Teil darauf, daß melanistische Mutationen nicht bloß einmal aufgetreten sind, sondern sich noch fortgesetzt wiederholen, wie durch die Experimente leicht erwiesen werden konnte. Immerhin ist die Mutationsziffer nicht so hoch, daß diese Tatsache allein zur Erklärung des Rückgangs der Normalform ausreichte; vielmehr scheinen die dunklen Formen auch einen gewissen Selektionswert zu besitzen. Es müssen mit dem Auftreten des schwarzen Pigments wohl bestimmte physio-

¹⁾ *Metcalf*, *Maynard M.*, Upon an important method of studying problems of relationship and geographical distribution. Proc. Nation. Ac. Sc. of the U. S. Vol. VI, 1920, p. 432—433.

²⁾ *Dahl*, *Fr.*, Die Tierverbreitungsherde der Erde und die wellenartige Ausbreitung der Tiere. Zool. Anz. Bd. LI, 1920, S. 261—269.

³⁾ *Simroth*, *H.*, Die Pendulationstheorie, 2. Aufl. 1914, S. 428 u. 577.

logische Eigenschaften (größere Widerstandskraft gegen Krankheiten, größere Begattungslust, größere Fruchtbarkeit?) verknüpft sein, die den melanistischen Varietäten das Übergewicht verleihen. Beachtung verdient, daß in melanistischen Stammbäumen mitunter die Flügellänge zunimmt, was auf wachsende Kräftigkeit hindeutet. Auffällig ist die Beobachtung, daß der Siegeszug der melanistischen Formen gerade in Industriegebieten besonders hervortritt. Hier, wo die normalen Verhältnisse weitgehend gestört sind, könnten kleine Selektionswerte im Kampf ums Dasein am leichtesten ausschlaggebend sein.

Peter Stark.

Die pathologische Anatomie der Malaria. (H. Dürk, Münch. med. Wochenschr. 1921, H. 2, S. 33—37.) Die Malaria hat im Weltkrieg als Kriegseuche eine große Rolle gespielt, besonders auf den südöstlichen Kriegsschauplätzen. Obwohl diese Krankheit schon früher eingehend studiert worden war, haben uns die Untersuchungen während des Krieges doch neue wichtige Aufschlüsse über die dabei auftretenden Veränderungen gegeben. Bei der tropischen Malaria entstehen im Zentralnervensystem schwere, oft tödlich wirkende Veränderungen, oder es bleiben doch Zustandsänderungen zurück, welche zu dauernden Funktionsstörungen führen können. Der akute Malarialtod ist immer ein Gehirntod, d. h. bedingt durch Schädigung lebenswichtiger nervöser Zentren. Die dabei auftretenden mikroskopischen Veränderungen sind besonders mannigfaltig und teilweise sehr charakteristisch. Es finden sich Gewebeerkrankungen sowohl am Gefäßbindegewebsapparat, wie auch an der eigentlichen nervösen Substanz. Bei dem ersteren werden hauptsächlich die Hirnhäute in Mitleidenschaft gezogen, sie weisen oft deutliche Entzündungserscheinungen auf. Besonders hervorstechend ist die Füllung der Hirngefäße mit Malaria-plasmodien. Durch Zerfall von pigmentierten Parasiten und der von ihnen befallenen roten Blutkörperchen entstehen unregelmäßige Fleckenbildungen, welche scharf kontrastiert und linear begrenzt erscheinen. Die innerste Zellschicht der Gefäße, die Endothelien erkranken besonders schwer. Diese wirken dabei oft selbst als Zytophagen und können dabei fettartig degenerieren. Durch diese verschiedenen Vorgänge und durch Verstopfung der Gefäße durch Parasiten, abgelöste Endothelien und Pigmentmassen kommt es zu einer krankhaften Durchlässigkeit der Gefäßwandung. Dadurch entstehen viele kleine punktförmige Blutaustritte, deren Zahl und Verteilung außerordentlich wechselnd ist.

Neben den Veränderungen der Gefäße bemerkt man auch im eigentlichen Nervengewebe starke pathologische Veränderungen. Um die Gefäße herum entsteht eine Wucherung des Stützgewebes der Nervensubstanz, der sogenannten Gliazellen. Auch die Gliazellen, welche die Ganglienzellen umgeben, beginnen sich zu vermehren und die Ganglienzellen zu umklammern. Diese erleiden ihrerseits dadurch Strukturveränderungen und werden schließlich durch die umgebenden Zellen, welche den Charakter von Zytophagen angenommen haben, gänzlich zur Auflösung gebracht. Besonders charakteristisch ist das Auftreten umschriebener Zellknötchen, am reichlichsten bei gleichzeitig vorhandenen punktförmigen Blutaustritten. Diese Zellknötchen weisen eine räumliche Beziehung zu Gefäßen mit parasitenhaltigem Inhalt auf und bilden rosettenähnliche oder Gänseblümchenfiguren. Sie stellen spezifische Abwehrerscheinungen des nervösen Gewebes gegenüber den Reizwirkungen dar, welche von den in den Gefäßen be-

findlichen Malariaparasiten ausgehen; denn hierdurch wird versucht, die Giftwirkung im Gewebe abzugrenzen. Diese Veränderungen waren bisher unbekannt.

A. Pratje.

Studies on *Giardia microti*. (W. C. Boeck, Univ. of Calif. public. in Zool. Vol. 19, April 1919.) Eine Zusammenstellung der Resultate von Teiluntersuchungen an *G. microti* aus dem Darm von *Microtus californicus* (Feldmaus): 1. Die Anzahl der mit den Faeces ausgeschiedenen Cysten steigt jeden 7. Tag auf ein Maximum an und sinkt in der Zwischenzeit manchmal bis Null; daraus wird auf einen inneren Rhythmus in der Entwicklung des Flagellaten geschlossen. 2. Die verschiedenen Fortpflanzungsarten sind: a) Zweiteilung, b) Achtteilung mit multipler Plasmotomie im beweglichen Zustand, c) Zweiteilung und d) Achtteilung mit Plasmotomie innerhalb einer Cyste. 3. Die Parabasalkörper sind cytoplasmatischen Ursprungs und sezernieren (?) Glykogen. 4. Die bei *Giardia*-infektion des Menschen angewandten Chemotherapeutica Wismuthsalicylat und Wismuthnitrit sind *G. microti* gegenüber unwirksam.

A comparison of the life cycle of *Crithidia* with that of *Trypanosoma* in the invertebrate host. (Irene McCulloch, Univ. of Cal. public. in Zool. Vol. 19, Okt. 1919.) Die Lebensgeschichte der im Darmkanal der Hemiptere *Euryophthalmus convivus* parasitierenden *Crithidia* e. weist eine völlige Parallele mit der Entwicklung auf, die die Warmblütertrypanosomen im Insekten Darm durchlaufen. Es finden sich kleine unbewegliche Ruheformen, aus denen sich einerseits bewegliche Flagellaten, andererseits an den Epithelzellen sich anheftende „haptomonads“ entwickeln. Die Flagellaten vermehren sich auf dreifache Weise: 1. durch einfache Längsteilung, 2. durch multiple Teilung entweder im freien Zustand oder innerhalb von Darmepithelzellen, 3. durch endogene Knospung, wobei der Kern zunächst eine bis mehrere Knospen abschnüren soll, die ihrerseits zu Kernen werden; diese Kerne bilden dann durch heteropole Teilung je ein Basalkorn aus, welches dann Geißel und Blepharoplast ausbildet. Hat dieser Prozeß ein gewisses Stadium erreicht, so sondert sich um jeden Kern-Geißelapparatkomplex eine Plasmaportion ab, die nach Zufall der Mutterzelle als unbewegliches Ruhestadium frei wird.

A new morphological interpretation of the structure of *Noctiluca*, and its bearing on the status of the *Cystoflagellata* (Haeckel). (Ch. A. Kofoid, Univ. of Calif. public. in Zool. Vol. 19, Febr. 1920.) Verf. sucht den Nachweis zu führen, daß die bisher in eine eigene Flagellatenordnung eingereihte *Noctiluca miliaris* zu den Dinoflagellaten gehört. Zunächst stellt Verf. eine morphologische Reihe von Dinoflagellaten zusammen, die von *Gymnodinium zoezagriasi* über *Pouchetia* zu *Erythropsis* führt. In dieser Reihe, die außer den genannten noch eine Anzahl neu beschriebener Formen enthält, tritt einerseits ein tentakelartiger Fortsatz immer stärker hervor, andererseits eine zunehmende Rückbildung der Längsfurche. Vom Endglied dieser Reihe ausgehend sucht Verf. bei *Noctiluca* alle charakteristischen Organellen der Dinoflagellaten aufzufinden. Er homologisiert: 1. den Tentakel mit den Tentakeln von *Erythropsis* u. a., 2. die Längsfurche mit der der Dinoflagellaten, 3. die Geißel mit der Längsgeißel der D., 4. den sog. „Zahn“ mit der Transversalgeißel, 5. die darunterliegende seichte Ausbuchtung der Längsfurche mit der Gürtelfurche der Dino-

flagellaten. Die abweichende Bauart von *Noctiluca* ist als Anpassungserscheinung an das pelagische Leben aufzufassen; die zunehmende Vacuolisierung des Körpers (Auftrieb!) bedingt eine Herabsetzung der Beweglichkeit, damit hängt dann die Rückbildung der Bewegungsorganellen zusammen. Die Ordnung der Cystoflagellaten kann — aber auch nur bedingt — nur für die Arten *Leptodiscus* und *Craspedotella* aufrecht erhalten bleiben.

The neuromotor apparatus of Euplotes patella. (H. B. Yocom, Univ. of Calif. in Zool. Vol. 18, September 1918.) (Vorbemerkung des Referenten: Diese sowie die drei nachfolgend referierten Arbeiten stehen unter dem gemeinsamen Gesichtspunkt des Nachweises eines „neuromotor system“ bei Protozoen. Dieser Begriff wird definiert: als der strukturell einheitliche Komplex von Geißeln, Basalkörnern (= Blepharoplasten), Centrosomen und den sie verbindenden Fibrillen. Also eine Art intracelluläres Nervensystem, dem vorwiegend motorisch-koordinierende, aber auch sensible Funktion zugeschrieben wird.)

Neben einer detaillierten Beschreibung der gesamten Morphologie dieses Infusors sowie seiner Teilung werden folgende Strukturen als „neuromotor system“ besonders hervorgehoben. 1. Eine am rechten Vorderende gelegene Endoplasmaverdichtung von unregelmäßigem Umriss, die als das Zentrum des ganzen Systems aufgefaßt und als „motorium“ bezeichnet wird. 2. Eine von diesem motorium ausgehende Fibrille, die längs des vorderen und linken Cytostomrandes parallel zu den Membranellen verläuft und im Pharynx endigt; am vorderen Rand des Cytostoms schließt sich eine Reihe von fibrillären Maschen an. 3. Fünf Fibrillen, welche die Basis der Analcirren mit dem „motorium“ verbinden. 4. Zahlreiche, von der Basis aller übrigen Cirren ausstrahlende Fibrillen, die frei im Plasma endigen. Die nervöse Natur dieser Strukturen wird erschlossen: 1. aus ihren gegenseitigen Lagebeziehungen, 2. aus der Korrelation zwischen Membranellen- und Analcirrenbewegung, 3. aus dem färberischen Verhalten (Rotfärbung in Mallorys Dreifachfärbung). Bei der Teilung übernimmt das eine Tochttertier „motorium“ und Cytostom des Muttertieres, das andere bildet diese Strukturen neu aus; in beiden Tieren werden die Cirren und Fibrillen des Muttertieres resorbiert und völlig neu gebildet; die Fibrillen wachsen centripetal den Motorien zu. Das „neuromotor system“ scheint ektoplasmatischen Ursprungs zu sein und erst sekundär ins Innere verlagert zu werden.

Demonstration of the function of the neuromotor apparatus in Euplotes by the method of microdissection. (C. V. Taylor, Univ. of Calif. public. in Zool. Vol. 19, Oct. 1920.) Diese Arbeit schließt an die vorhergehende unmittelbar an. Zunächst weist Verf. weitere Details des „neuromotor system“ nach: viereckige Platten, die unter den Basalkorngruppen der Cirren und Membranellen liegen und an die die Verbindungsfibrillen anschließen. Sodann sucht Verf. durch Zerschneidungsversuche (mit dem Barber microdissection apparatus) den experimentellen Nachweis der nervösen Natur des „neuromotor s.“ zu führen. 1. Tiefgehende Einschnitte zeigen, daß die Pellicula hinreichende Formbeständigkeit besitzt, um allein die typische Gestalt des Ciliaten zu erhalten; daher wird, nach der Ansicht des Verf., die Annahme einer stützenden

Funktion des „neuromotor s.“ überflüssig. 2. Einschnitte, die wohl den Kern, aber keinen Teil des „neuromotor s.“ treffen, sind von keinerlei Einfluß auf die geordnete Bewegung des Tieres. 3. Einschnitte, die die Fibrillen des „neuromotor s.“ treffen, haben je nach dem Ort der Operation mehr oder weniger tiefgehende Störungen der geordneten Fortbewegung zur Folge; Durchschneiden der Analfibrillen hebt die Korrelation zwischen Membranellen und Analcirren auf. Verf. hält durch diese Versuche die leitend-koordinierende Funktion des „neuromotor s.“ für völlig bewiesen.

(Ohne eine ausführliche Kritik [die in meinen demnächst erscheinenden Protozoenstudien III. gegeben ist] einzugehen, sei doch auf zwei Punkte hingewiesen: erstens hat Koltzoff bereits vor Jahren für eine Reihe fibrillärer Strukturen bei Proto- und Metazoenzellen die stützende Funktion nachgewiesen, was dem Verf. aber nicht bekannt ist; zweitens ist durch seine Experimente die Möglichkeit keineswegs widerlegt, daß die oben erwähnte Korrelation durch eine rein mechanisch-verbindende Funktion der Fibrillen bedingt ist. D. Ref.)

Studies on the parasites of the termites. I.—IV. (C. A. Kofoid and O. Swezy, Univ. of Calif. public. in Zool. Vol. 20, July 1919.) Von den vier in dieser Arbeit neu beschriebenen Flagellaten ist zunächst *Trichomitus termitidis* n. sp. bemerkenswert, ein *Trichomonas* ähnlicher Organismus, bei dem die Basalkörner vom Kern ziemlich weit entfernt sind und daher die Feststellung ermöglichen, daß die extranukleäre Spindelanlage, die Centrodemesose, permanent — also auch im Ruhezustand — als kurzes Stäbchen dem Kern außen anliegt. Bei der Teilung werden lange schleifenförmige Chromosomen ausgebildet.

Im III. Teil wird an *Trichonympha campanula* n. sp. zum erstenmal eine vollständig lückenlose Reihe von Kernteilungsstadien dieser Flagellaten vorgeführt und außerdem eine sehr eingehende morphologische Beschreibung dieser Form gegeben. Auch hier werden sämtliche Fibrillen als Teile des „neuromotor system“ aufgefaßt. Als Zentrum des „system“ wird der „centroblepharoplast“ aufgefaßt, ein Fibrillenkegel am Vorderende. Bei der Teilung teilt sich dieses Gebilde in zwei Kegel, die auseinanderweichen und durch Spindelfasern verbunden bleiben; an diese Spindel rückt der Kern dicht heran und wird — bei persistierender Kernmembran — zweigeteilt. Im Kern bilden sich hufeisenförmige Chromosomen aus, die frühzeitig längsgespalten werden; ihre Zahl ist konstant : 52.

On the morphology and mitosis of Chilomastix mesnili (Wenyon). (C. A. Kofoid and O. Swezy, Univ. of Calif. public. in Zool. Vol. 20, April 1920.) Die erste eingehende Beschreibung dieses Darmflagellates des Menschen. Es werden zahlreiche fibrilläre Strukturen im Zusammenhang mit Geißelapparat, Kern und Cytostom beschrieben und als „neuromotor system“ zusammengefaßt. In den Cysten konnte ein eigenartiger Teilungsprozeß nachgewiesen werden, der durch Persistieren der ganzen Fibrillenkomplexe, die auf ein Tochttertier übergehen, während das andere diese Strukturen aus dem Centrosom neu bildet, charakterisiert ist. Die Kernteilung ist intranukleär, mit extranukleärer Centrodemesose, es werden 5 klumpige Chromosomen ausgebildet.

Karl Belar.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 45. (Seite 911—934)

11. November 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Fünfundzwanzig Jahre Zeemaneffekt. Von A. Sommerfeld und E. Back. S. 911.

Zeemaneffekt und Sonnenforschung. Von R. Emden, München. (Mit 5 Abbildungen.) S. 916.

Über den anomalen Zeemaneffekt. Von A. Lande, Frankfurt a. M. S. 926.

Besprechungen:

Meyer, Arthur. Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. Von Fritz Jürgen Meyer, Braunschweig. S. 928.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 929—932.
Der proto-australische Mensch. Das Klima von Deutschland.

Botanische Mitteilungen. S. 932—934.

Beiträge zur Frage der Verwandtschaftsverhältnisse der Leguminosenknöllchenbakterien. Spitzenwachstum der Wurzelhaarzellen. Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. Zur Kenntnis der silberreduzierenden Zellsubstanzen in Laubblättern. Ein neuer die Cyanophyceenfarbe bestimmender Faktor. Ein Fall von Eisenchlorose bei Cyanophyceen. Über den Wasserkelch der Blütenknospe von *Aconitum variegatum*. Über ein neues Holz- und Vanillinreagens. Über eine auffallende Farbenänderung einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange

Von **Friedrich Dannemann**

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. In vier Bänden. Gr.-Oktav

1. Band: Von den Anfängen bis zum Wiederaufleben der Wissenschaften. Mit 64 Abbildungen im Text und einem Bildnis von Aristoteles. (XII, 486 S.) M. 30.—; gebunden M. 36.—

2. Band: Von Galilei bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts. Mit 132 Abb. im Text und einem Bildnis von Galilei.

M. 75.—; gebunden M. 85.—

3. Band: Das Emporblühen der modernen Naturwissenschaften bis zur Entdeckung des Energieprinzips. (Im Druck.)

4. Band: Das Emporblühen der modernen Naturwissenschaften seit der Entdeckung des Energieprinzips. (In Vorbereitung; erscheint voraussichtlich Ende 1922.)

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Philosophie des Organischen

Gifford-Vorlesungen, gehalten an der Universität Aberdeen in den Jahren 1907—1908

Von **Hans Driesch**, Köln

Zweite Auflage. XVI und 608 Seiten 80

Geheftet M. 85.—; in Leinen gebunden M. 105.—

Osmotische Untersuchungen

Studien zur Zellmechanik

Von Dr. **W. Pfeffer** †, ehem. Professor der Botanik in Basel

Zweite unveränderte Auflage. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. **F. Czapeli** †

Mit 5 Holzschnitten. XIV und 236 S. gr. 8

Geheftet M. 20.—; in Leinen gebunden M. 32.—

Demnächst erscheint:

Newcomb-Engelmann's

Populäre Astronomie

Sechste Auflage

Herausgegeben von Professor **H. Ludendorff**

Mit 240 Abbildungen im Text. Umfang etwa 900 Seiten

Geheftet M. 70.—; in Moleskin gebunden M. 95.—

Im I. Teil ist u. a. ein Abschnitt über das **Einsteinsche Relativitätsprinzip** neu eingefügt.

(262)

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagsbuchhandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52 maliger Wiederholung
10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Raum und Zeit
im Lichte der speziellen Relativitätstheorie
Versuch eines synthetischen Aufbaus
der speziellen Relativitätstheorie

Von

Dr. Clemens von Horvath
Privatdozent für Physik an der Universität Kasan
Mit 8 Textabbildungen und einem Bildnis
(VI, 58 S.). Preis M. 12.—

Soeben erschien:

Fluoreszenz und Phosphoreszenz
im Lichte der neueren Atomtheorie

Von

Peter Pringsheim

Mit 32 Textfiguren

(VIII, 202 S.)

Preis M. 48.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz. (258)



Die Palaearkten sind vollständig.

Bd. I Tagfalter vergr. Neudruck im Frühjahr

„ II Spinner u. Schwärm. geb. M. 144 „

„ III Eulen „ 156 „

„ IV Spanner „ 132 „

Zur **Erleichterung der Anschaffung** liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an

HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Die Naturwissenschaften
1915 bis 1920
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

11. November 1921.

Heft 45.

Fünfundzwanzig Jahre Zeemaneffekt.

Von A. Sommerfeld und E. Back.

Vor fünfundzwanzig Jahren, im August 1896, gelang dem damals dreißigjährigen *Pieter Zeeman*, was *Faraday* vergeblich gesucht hatte, die „Magnetisierung des Lichtes“. Es gelang ihm, indem er auf das Licht in statu nascendi magnetisch einwirkte dadurch, daß er leuchtenden Natriumdampf einem starken Magnetfelde aussetzte. Was er zunächst beobachtete, war eine *Verbreiterung* des im Spektroskop betrachteten Bildes der *D*-Linien sowohl in „transversaler“ Beobachtung (senkrecht gegen die Kraftlinien des magnetischen Feldes), wie auch in „longitudinaler“ Blickrichtung (parallel zu den magnetischen Kraftlinien in der Durchsicht durch die durchbohrten Polschuhe des Magneten). Diese Verbreiterung wäre wenig beweisend gewesen, wenn nicht *Zeeman* zugleich eine fundamentale Änderung im Schwingungszustande des Lichtes hätte nachweisen können. Während das natürliche Licht einer Flamme räumlich unregelmäßig — unpolarisiert — schwingt, zeigte sich an den verbreiterten Rändern des *D*-Linienbildes ausgeprägte Polarisation: im transversalen Effekt *lineare Polarisation* senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien, im longitudinalen Effekt *zirkuläre Polarisation*.

Das Zeitalter der physikalischen Entdeckungen, welches mit *Hertz* begonnen und ein Jahr vorher den weithin sichtbaren Ertrag der Röntgenstrahlen gebracht hatte, kündigte sich nun auf einem neuen Gebiete an, dessen grundsätzliche Bedeutung jedem Kundigen klar sein mußte, dem Gebiete der *Magnetooptik*.

Die Elektronentheorie war damals noch jung. *H. A. Lorentz* hatte soeben ihre mathematischen Grundlagen gelegt und ihre allgemeinen Konsequenzen für die Ausbreitung des Lichtes in ruhenden und bewegten Körpern gezogen. *Lenard* hatte die Elektronen in Reinkultur dargestellt, innerhalb und außerhalb seiner Kathodenstrahlröhre. Mit der Lorentzschen Elektronentheorie waren zunächst positive und negative Ladungen gleichmäßig verträglich. Die Zeemansche Entdeckung aber zeigte, daß das in der Flamme schwingende Agens von *negativer* Ladung, also vom Charakter der Harzelektrizität sein müsse. Dies folgte aus dem zirkulären Drehsinn des magnetisch beeinflussten Lichtes in Vergleich mit dem Umlaufsinn des Stromes im felderzeugenden Elektromagneten. Die Zeemansche Entdeckung

bedeutete also zugleich die *Vorzeichenbestimmung der Elektronenladung* und begegnete sich darin mit den Ergebnissen der Lenardschen Kathodenstrahlablenkung im elektrischen und magnetischen Felde.

Das Studium des Zeemaneffektes setzte jetzt allgemein ein. *Zeeman* aber behielt in der Verfeinerung der optischen und magnetischen Hilfsmittel einen Vorsprung vor seinen Mitarbeitern. Ihm gelang es, an der blaugrünen Cadmiumlinie, die wegen ihrer Schärfe und besonders großen magnetischen Aufspaltung hierfür besonders geeignet ist, das erste Beispiel einer vollständigen magnetischen Zerlegung nachzuweisen. Er sah als erster das *Dublett* zirkular polarisierter Linien bei longitudinaler, das *Triplet* linear polarisierter Linien bei transversaler Beobachtung. Diese Feststellung war in schönster Harmonie mit der einfachen Theorie, die *Lorentz* von dem Vorgang gab. *Lorentz* löste die Schwingung des Elektrons auf in eine Bewegung, die in Richtung der magnetischen Kraftlinien erfolgt, und in zwei zirkuläre, die senkrecht dazu mit entgegengesetztem Umlaufsinn verlaufen. Die erste Bewegung wird vom Magnetfelde nicht beeinflusst; sie liefert daher im Transversaleffekt die Mittelkomponente des Triplets am ursprünglichen Orte der Spektrallinie. Von den beiden zirkulären Bewegungen aber wird die eine vom Magnetfelde beschleunigt, die andere verzögert. Sie geben daher im Transversaleffekt 2 Komponenten, die gegen die ursprüngliche Linie verschoben sind, die eine nach kürzeren, die andere gleich weit nach längeren Wellenlängen hin, und liefern die äußeren Komponenten des Triplets. Im Longitudinaleffekt erscheinen diese beiden Komponenten als entgegengesetzt zirkular polarisiert und ergeben das beobachtete Dublett, während die Mittelkomponente hier notwendig unsichtbar bleibt.

Mit der Lorentzschen Theorie trat der Zeemaneffekt in sein quantitatives Stadium. Denn nun ergab sich die Möglichkeit, nicht nur das Vorzeichen, sondern auch die *Masse des schwingenden Elektrons* aus der beobachteten Linienverschiebung zu entnehmen, genauer gesagt das Verhältnis von Ladung und Masse, die sog. „spezifische Ladung“ des Elektrons. Auch hier begegnete sich der Zeemaneffekt vollständig mit den gleichlaufenden Messungen der Kathodenstrahlablenkungen. Der Zeemaneffekt gab nicht nur dieselbe Größenordnung, sondern in vielen Fällen auch denselben Zahlenwert der Mikro-

masse des Elektrons, wie die Kathodenstrahlmessungen: optisch im Zeemaneffekt wie elektrisch im Kathodenstrahl erwies sich das Elektron etwa 1800mal leichter wie das Wasserstoffatom.

Aber es ergaben sich auch Abweichungen im quantitativen Verhalten, wie sie die Lorentzsche Theorie nicht voraussehen konnte. Bei manchen Linien kamen die Zeemanaufspaltungen kleiner oder auch größer heraus als die Theorie verlangte, und es zeigte sich, daß das transversale Zerlegungsbild nicht immer ein einfaches Triplett ist, sondern vielfach komplizierter ausfällt. Diese komplizierten oder „anormalen“ Zeemaneffekte erregten nunmehr im Gegensatz zu dem bisher beschriebenen „normalen“ Effekt das größte Interesse. Schon im einfachsten Fall der *D*-Linien ist das Zerlegungsbild ein anomales. Die beiden Linien D_1 und D_2 spalten nicht in ein normales Triplett, sondern die eine in ein Quartett, die andere in ein Sextett von Komponenten auf, von denen symmetrisch zur Lage der Spektrallinie angeordnet je zwei nur parallel, die anderen nur senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien schwingendes Licht enthalten. Daß Zeeman an diesem komplizierten Liniengebilde ursprünglich die Polarisation des äußeren Verbreiterungsraumes überhaupt nachweisen konnte, liegt daran, daß hier wie im normalen Triplett die senkrecht polarisierten Komponenten nach außen hin, die parallel polarisierten mehr nach der Mitte des Zerlegungsbildes angeordnet sind.

Es bedurfte nun einer jahrelangen Kleinarbeit, um die Bedingungen festzustellen, unter denen normale und anomale Zeemaneffekte auftreten, und um die Struktur der anomalen Effekte zu erforschen. Daß es sich hier bei aller Mannigfaltigkeit um eine durchgreifende Gesetzmäßigkeit und innere Einfachheit handelte, wurde durch zwei Regeln klar, die diese Zeemantypen beherrschten, die *Prestonsche Regel* und die *Rungesche Regel*.

Die Prestonsche Regel besagt, daß verwandte Spektrallinien ein und desselben Elementes, d. h. Spektrallinien, die zur gleichen Serie gehören, und weiter daß einander entsprechende Linien verwandter Elemente, d. h. solcher Elemente, die in der Tafel des periodischen Systems *untereinander* stehen, die gleichen Zerlegungsbilder aufweisen. Es zeigen also nicht nur sämtliche Linien der Hauptserie des *Natriums*, zu der die *D*-Linien gehören, und die mit ihnen gleichfalls verwandten Linien der sog. *scharfen* Nebenserie, sondern auch sämtliche analogen Linien von Kalium, Rubidium und Cäsium den gleichen oben beschriebenen Typus der Zeemanzerlegung. Dagegen haben die Linien der sog. *diffusen* Nebenserie bei den Alkalien einen ganz anderen Typus, wieder einen andern die Hauptserienlinien bei den Erdalkalien usw.

Die Rungesche Regel andererseits besagt, daß die bei den anomalen Zeemaneffekten auftretenden Linienaufspaltungen, wenn sie in Schwin-

gungszahlen (nicht in Wellenlängen) gemessen werden, rationale Vielfache der normalen Lorentzischen Aufspaltung sind. Zum Beispiel treten bei den *D*-Linien die Vielfachen $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ usw. bis $\frac{5}{3}$ auf. Der „Rungesche Nenner“ 3 ist für die Hauptseriedoublets der Alkalien, der Nenner 2 für die Hauptserientriplets der Erdalkalien charakteristisch. Bei den Nebenserien treten die Rungeschen Nenner $15 = 3 \times 5$ bzw. $6 = 2 \times 3$ auf. Die hier benutzte Schreibweise $15 = 3 \times 5$ usw. soll andeuten, daß sich größere Zahlenwerte des Rungeschen Nenners gesetzmäßig auf kleinere Faktoren zurückführen lassen. Dieser Aufbau der größeren, oder richtiger *aller* Rungeschen Nenner aus je zwei ganzzahligen Faktoren weist auf den inneren Zusammenhang der speziellen Zeemaneffekte mit einer anderen schon länger bekannten Gruppe fundamentaler Spektralgesetze hin, die man gewöhnlich unter dem Namen des „Kombinationsprinzips“ zusammenfaßt. Den Lesern der *Naturwissenschaften* ist aus früheren Aufsätzen die Bedeutung der Spektralserien bekannt, und auch die Darstellung der Wellenzahl jeder einzelnen zu einer Serie gehörigen Linie als Differenz („Kombination“) zweier „Terme“, einem konstanten, der durch die „Seriegrenze“ dargestellt und einem variablen Folgeterm, der durch die in ihm enthaltene Ordnungszahl der Linienfolge definiert wird. Das Kombinationsprinzip sieht in diesen Termen das Wesen und die Ursache der spektralen Eigenschaften des Atomes; die Verteilung der Linien eines Elementes im Spektrum ergibt sich völlig als Folge der Kombination seiner Terme. Die Verschiedenheit der vorkommenden Serienarten ist durch die Verschiedenheit der Termarten bedingt. Die mechanische Deutung der Terme und ihre Zurückführung auf allgemeine Naturkonstanten ist die große Leistung der neueren Atomtheorie. So wie nun jede Spektrallinie notwendig durch zwei wohldefinierte, wenn auch in vielen Fällen noch nicht bekannte Terme bestimmt ist, so ist in diesen selben Termen auch der Zeemaneffekt der Linie qualitativ und quantitativ vorgebildet. In allerjüngster Zeit ist es Herrn A. Landé gelungen, diese elementaren Zeemaneffekte der Serienterme gerade mit Hilfe der Zerlegung der Rungeschen Nenner in Faktoren aus der Beobachtung abzuleiten. Ihre Kombination nach einfachen wohlbekannten Regeln stellt die Gesamtheit aller magnetischen Typen der Serienlinien restlos und quantitativ genau dar und läßt eine ungeheure Mannigfaltigkeit noch nicht bekannter oder noch nicht gedeuteter Zeemantypen mit völliger Gewißheit vorausbestimmen.

Das System der elementaren Zeemaneffekte der Serienterme ist die gemeinsame Wurzel der Rungeschen und Prestonschen Regel. Beide Regeln sind der Ausdruck der tiefen Gesetzmäßigkeit und Einheitlichkeit, die im Gebiete der anomalen Zeemaneffekte herrscht. Während anfangs die Abweichungen von der Theorie des nor-

malen Zeemaneffekts für die quantitative Forschung entmutigend schienen, haben gerade die Regelmäßigkeiten in diesen Abweichungen die Forschung entscheidend befruchtet. Denn in der Prestonschen Regel bot sich dem Spektroskopiker ein unfehlbares Mittel dar, um die wahren Serienzusammenhänge der Elemente zu beurteilen und die Ordnung der Spektrallinien zu sichern. Es gibt ja auch heutzutage noch viele Spektren — man denke nur an das Eisenspektrum —, welche sich der Serienordnung entziehen; aber auch sie werden, unter dem Kriterium der übereinstimmenden Zeemaneffekte betrachtet, ihre Zusammenhänge und innere Ordnung schließlich verraten müssen.

Die Erscheinungsform, in der sich das Zeemanphänomen der Beobachtung darbietet, ist entweder der direkte Effekt der Emission oder der indirekte der Absorption. Im ersten Falle ist die Lichtquelle, im letzteren die Absorptionsstelle magnetisiert. Aus den hellen Zeemankomponenten der Emissionslinie werden dann dunkle Absorptionslinien auf dem hellen Grunde des kontinuierlichen Spektrums. *Zeeman* hat schon im Jahre der Entdeckung des Zeemaneffekts sein Augenmerk auf das inverse Phänomen gerichtet und an ihm sämtliche Eigentümlichkeiten, die der direkte Effekt darbietet, ebenfalls nachweisen können. Vorzüglich nach zwei Seiten hin ist der inverse Effekt in der Entwicklung dieses Forschungsgebietes von Bedeutung geworden. Einmal für die Theorie der anomalen Zeemaneffekte, der er anfangs einen günstigeren Ausgangspunkt zu bieten schien als der Emissions-effekt, und sodann für die Physik der Sonne. Es hat gewiß etwas Überraschendes, daß gerade ein Phänomen wie das Zeemansche, dessen Erzeugung, Entdeckung und Studium so ganz und gar an die Hilfsmittel eines Laboratoriums gebunden und seinem innersten Wesen nach ein durch Menschenwerk künstlich erzeugunges Naturgeschehen zu sein scheint, alsbald nach seiner Entdeckung in voller Freiheit im Himmelsraum wiedergefunden wurde. Seit langem war bekannt, daß viele Linien der Chromosphäre immer dort, wo sie Sonnenflecke überschneiden, gewisse anomale Eigenschaften wie Verbreiterung oder Auflösung in je zwei Linien zeigen. Diese Anomalien würden sich erklären, wenn man die Annahme macht, daß die Sonnenflecke zugleich Austrittsstellen magnetischer Kraftlinien aus dem Sonneninneren sind, die etwa in Richtung des Sonnenradius verlaufen. Als Ursache solcher Magnetfelder kommt die rotierende Bewegung elektrisch polarer Materie in Betracht, deren Existenz sich in der bald rechts-, bald linksläufigen Wirbelbildung an den Sonnenfleckenträndern deutlich kundgibt. *Hale* gelang es, in enger Anlehnung an die Zeemansche Entdeckung und z. T. unter Mitwirkung *Zeemans* die magnetische Natur der Anomalien der Sonnenflecklinien bis in die Einzelheiten zu analysieren und ganz außer

Zweifel zu stellen. Der folgende Artikel wird dies des näheren schildern.

Es ist höchst bemerkenswert und überraschend, daß die magnetooptische Zerlegung so wenig von der besonderen Natur des leuchtenden Atoms abhängt. Einfachlinien geben bei allen Atomen normale Zerlegung, Dublettlinien zeigen bei den Alkalien und bei weiteren Atomklassen ungerader Valenz die Zeemanzerlegung vom *D*-Linien-Typus. Tripletlinien liefern bei den Erdalkalien und bei anderen Atomen gerader Valenz (z. B. auch beim Neon) einen wohldefinierten anderen Zeemantypus. Es mag also eine sehr universelle, vom speziellen Atombau unabhängige Eigenschaft oder innere Strukturierung sein, die magnetisch beeinflußt sich in den charakteristischen anomalen Zeemantypen äußert. Wegen ihrer allgemeinen Natur ist diese Eigenschaft dann hervorragend geeignet als allgemeines Klassifikations- und Ordnungsprinzip der Spektroskopie zu dienen. Der Mechanismus oder Elektrodynamismus der anomalen Zeemaneffekte ist uns noch verschlossen, ebenso wie uns der eigentliche Grund für das Auftreten von Doppel- oder Dreifachlinien unbekannt ist. Aber der praktische Nutzen für die Spektroskopie und das theoretische Interesse der zutage getretenen Gesetze für die Atomphysik wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Ein allgemeines analytisches Schema für die Theorie der anomalen Zeemaneffekte hat *Woldemar Voigt* (gestorben 1919) entworfen. In persönlicher Freundschaft mit *Zeeman* verbunden, hat er in besonderem Maße *Zeemans* experimentelle Forschung beeinflusst; seinen Briefwechsel mit *Zeeman* vermachte er dem Deutschen Museum in München. Die schönste Frucht von *Voigts* jahrzehntelangen magnetooptischen Studien war die Theorie des *D*-Linien-Typus, nicht nur für kleine, sondern auch für mittlere und starke Felder, wo nach einem allgemeinen Befunde von *Paschen* und *Back* der anomale in den normalen Typus übergeht. Was die Lorentzsche Theorie für den normalen, ist die *Voigtsche* Theorie für den anomalen Zeemaneffekt und für seinen Übergang zum normalen Typus. Wie jene versucht diese, vom Standpunkt der klassischen Schwingungstheorie aus die Beobachtungstatsachen wiederzugeben und quantitativ zu verschärfen.

Neben der klassischen Theorie hat sich in den letzten Jahren auf spektroskopischem Gebiet bekanntlich eine ganz andersartige, von *Bohr* begründete Betrachtungsweise ausgebildet. Diese „Quantentheorie“ der Lichtemission hatte sich vor allem auch am Zeemaneffekt zu bewähren. Es gelang ihr leicht beim normalen Zeemaneffekt, dessen Theorie sich ebenso glatt quantenmäßig wie klassisch ergab. An der quantentheoretischen Eroberung der anomalen magnetooptischen Effekte wird zurzeit emsig gearbeitet. Soviel ist schon heute klar, daß die ganzzahligen Verhältnisse der

Rungeschen Nenner ihren Grund in Quantengesetzen haben, und daß die Zahl und Lage der Komponenten bei den normalen Zeemaneffekten durch innere Quantenzahlen des Atoms gegeben werden. Die Leser der *Naturwissenschaften* werden aus Studien¹⁾ der beiden gegenwärtigen Verfasser über die wundersamen Zahlengesetze der anomalen Aufspaltungen einen Eindruck von dem tastenden Vorgehen der theoretischen Forschung auf diesem Gebiete erhalten haben. Da es sich um die Beschreibung unbekannter Atomvorgänge durch die an sich reichlich rätselhaften Quantenbegriffe handelt, kann die Forschung nur vorsichtig und zögernd zu Werke gehen. Sie läßt sich aber keine Mühe verdrießen, denn sie weiß, daß mit der Klärung der anomalen Zeemaneffekte und ihrer Gesetze zugleich eine tiefe Erkenntnis aus der Physik des Atoms gewonnen sein wird. Vielleicht wird sich ihr dereinst durch das Studium des bislang noch minder erforschten Zeemaneffekts der Bandenlinien eine gleichwertige aus der Physik des Moleküls an die Seite stellen.

Zwischen der ersten Beobachtung des verbreiterten und polarisierten Lichtsaumes der D-Linien und unseren heutigen ahnungsvollen Einblicken in die allgemeine Atomstruktur auf Grund der Gesetze der anomalen Zeemaneffekte liegt eine gewaltige wissenschaftliche Arbeit. Zeeman selbst hat nicht nur durch seine Entdeckung das ganze Arbeitsgebiet erschlossen, sondern er hat auch, als Präzisionsphysiker ersten Ranges, durch fortgesetzte Verfeinerung der Methoden, durch sorgfältigste Messungen und kritische Sichtung während fünfundzwanzig Jahre mit dem ihm überantworteten Kleinod treulich gewuchert. Den Reichtum seiner Forschungsarbeit zeigt das nachstehende Verzeichnis derjenigen Veröffentlichungen Zeemans, die mit dem Zeemaneffekt in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Die chronologisch geordnete Liste folgt dem von Zeeman selbst in seinem Buche „Magneto-optische Untersuchungen“²⁾ wiedergegebenen Literaturnachweis und gibt gleichermaßen eine Vorstellung von der weiten Ausdehnung dieses Forschungsgebietes wie von der rastlosen Arbeit seines Entdeckers.

Möge das Kapitel der Physik, das mit Recht

Zeemans Namen trägt, unter seinen Händen und zu seiner Genugtuung sich weiter mehrern und vertiefen!

Verzeichnis der Veröffentlichungen P. Zeemans aus dem Gebiet des Zeemaneffektes.

¹⁾ Diese Zeitschrift 1920, Heft 4; 1921, Heft 12; 1921, Heft 29.

²⁾ Leipzig 1914, Verlag von Joh. Ambr. Barth. Das Buch ist im wesentlichen eine Übersetzung des in englischer Sprache erschienenen Originals „Researches in Magneto-optics“ Mac Millan and Co., London 1913. Es gibt ein treffliches, lückenloses und klares Bild von dem weiten Gebiete der Magneto-optik nach dem Stande der Forschung im Erscheinungsjahr. Zugleich bildet es einen gewissen Ruhepunkt in den eigenen experimentellen Arbeiten Zeemans auf diesem Gebiete; in den folgenden Jahren hat Zeeman seine Kraft überwiegend anderen allgemeineren Fragen der modernen Optik zugewendet, aus seinem Institute jedoch sind in ununterbrochener Folge auch weiterhin Forschungsarbeiten über den Zeemaneffekt hervorgegangen.

1896. Over den invloed eener magnetisatie op den aard van het door een stof uitgezonden licht, I, II. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 181, 31. Okt.; 242, 28. Nov. — On the Influence of Magnetism on the Nature of the Light Emitted by a Substance. Phil. Mag., 226, März 1897; Astrophys. Journ. 5, Nr. 5, Mai 1897. — Über einen Einfluß der Magnetisierung auf die Natur des von einer Substanz emittierten Lichtes (Auszug), Verhandl. d. Physik. Gesellsch., Berlin, 15, Nr. 7, 128, 18. Dez.
1897. L'Optique et la Théorie des Ions. Rev. Gén. des Sciences pures et appliquées, 15. April.
Over doubletten en tripletten in het spectrum teweeggebracht door uitwendige magnetische krachten, I, II, III. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 13, 29. Mai; 99, 26. Juni; 260, 30. Okt. — Doublets and Triplets in the Spectrum produced by External Magnetic Forces. Phil. Mag., 55, Juli; 255, Sept. — Sur des doublets et des triplets, produits dans le spectre par des forces magnétiques extérieurs. Arch. Néerl. (2), 1, 383, 1898; C. R. 124, 1444, 21. Juni.
- Metingen over stralingsverschijnselen in het magnetisch veld. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 408, 24. Dez. — Measurements concerning Radiation-Phenomena in the Magnetic Field. Phil. Mag., (5), 45, 197, Febr. 1898.
1898. On an Asymmetry in the Change of the Spectrum Lines of Iron, Radiating in a Magnetic Field. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 122, 25. Juni; Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 98, 25. Juni; Astrophys. Journ. 9, Jan. 1899.
1899. Waarnemingen over eene asymmetrische verandering van ijzerlijnen bij straling in een magnetisch veld. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 328, 30. Dez. — Some Observations concerning an Asymmetrical Change of the Spectrum Lines of Iron, Radiating in a Magnetic Field. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 298, 30. Dez.
- Straling in een magnetisch Veld. Verh. Nederl. Genees- en Naturk. Congres, 1899, Haarlem.
1900. Weiteres zur unsymmetrischen Änderung der Spektrallinien in einem Magnetfelde. Arch. Néerl. (2), 5, 237.
1901. Eenige waarnemingen over het oploosend vermogen van een echelon spectroscop. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 298, 30. Nov. — Some Observations on the Resolving Power of the Michelson Echelon Spectroscope. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 247, 30. Nov. — Le pouvoir de résolution d'un spectroscopie à échelon. Arch. Néerl. (2) 6, 319, 1901.
1902. Waarnemingen over de magnetische draaiing van het polarisatie vlak in een absorptieband. Versl. A. Ak. van Wet (Afd. Nat.), 11, 6, 31. Mai. — Observations on the Magnetic Rotation of the Plane of Polarisation in the Interior of an Absorption Band. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 5, 41; Astrophys. Journ., 16, 106. — Observations sur la rotation magnétique du plan de polarisation dans une bande d'absorption. Arch. Néerl. (2), 7, 465.
- Osservazioni sulla rotazione magnetica del piano di polarizzazione nell'interno di una riga di assorbimento. Rend. Linc., (4), 11, 1. Sem., 470, 31. Mai.
1903. Strahlung des Lichtes im magnetischen Felde. Les Prix Nobel en 1902 (2. Mai 1903); Naturw. Rundschau 20, 337, 1905.

- (Mit J. Geest.) Dubbele breking in een magnetisch veld nabij de componenten van een quadruplet. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.) 12, 23, 30. Mai. — On the Double Refraction in a Magnetic Field near the Components of a Quadruplet. Proc. Roy. Acad. Amsterdam 6, 19, 30. Mai.
1904. (Mit J. Geest.) Dubbele breking in een magnetisch veld in de nabijheid van magnetisch gesplitste absorptielijnen. Versl. A. Ak. van Wet. 13, 516, 24. Dez. — Double Refraction near the Components of Absorption Lines Magnetically Split into Several Components. Proc. Roy. Acad. Amsterdam 7, 435.
1906. Recent Progress in Magneto-Optics. Royal Institution of Great-Britain, 30. März; Nature 75, 133, 160. — Neuere Fortschritte in der Magneto-optik. Naturw. Rundschau 22, 389, 1. Aug. 1907. — Progrès récents en magnéto-optique. Le Radium 4, 57, 1907.
- Magnetische splitsing der spectraallijnen en veldsterkte I, II. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.) 14, 838, 27. April 1906; 16, 354, 30. Nov. 1906. — Magnetic Resolution of Spectrum Lines and Magnetic Force, I, II. Proc. Acad. Amsterdam 8, 814, 27. April 1906; 10, 351, 30. Nov. 1907.
1907. The Intensities of the Components of Spectrum Lines Divided by Magnetism. Proc. Roy. Acad. Amsterdam 10, 289, 26. Okt.; Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.) 16, 286; Le Radium 5, Nr. 2, 49, Febr. 1908.
- Waarneming van de magnetische splitsing der spectraallijnen met de methode van Fabry en Perot. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 486, 28. Dez. — Observations of the Magnetic Resolution of Spectrum lines by Means of the Method of Fabry and Perot. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 440, 28. Dez. — Beobachtung der magnetischen Auflösung von Spektrallinien mittels der Methode von Fabry und Perot. Phys. Zeitschr. 9, 209, 1908.
1908. Nieuwe waarnemingen over asymmetrisch door magnetisme gesplitste tripletten. Versl. K. Ak. van Wet., 610, 29. Febr. — New Observations concerning Asymmetrical Triplets. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 566, 29. Febr. — Neue Beobachtungen über asymmetrische Triplets. Phys. Zeitschr. 9, Nr. 10, 340.
- Verandering van golflengte van de middelste lijn van tripletten in een magnetisch veld, I, II. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 618, 29. Febr.; 855, 24. April. — Change of Wave-length of the middle Line of Triplets. I, II. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 574, 29. Febr.; 862, 24. April. — Changement de longueur d'onde de la raie médiane d'un triplet dans un champ magnétique. Arch. Neerl. (2), 14, 267. — Änderung der Wellenlänge an der Mittellinie von Triplets. Phys. Zeitschr. 10, 217, 1909.
- Solar Magnetic Fields and Spectrum Analysis. Nature, 369, 20. Aug.
- Spektralanalytische Untersuchung der magnetischen Felder auf der Sonne. Verh. d. D. Physik. Ges. 10, Nr. 18—20, 23. Sept.; Phys. Zeitschr. 9, Nr. 23, 834.
- De wet van verplaatsing van de middelste Lijn van een triplet. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 541, 24. Dez. — The Law of Shift of the Central Component of a Triplet in a Magnetic Field. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 473, 24. Dez. — Changement de longueur d'onde de la raie médiane d'un triplet dans un champ magnétique. Arch. Neerl. (2) 14, 273. — Das Verschiebungsgesetz der Mittelkomponente eines Triplets in einem Magnetfelde. Phys. Zeitschr. 10, 220, 1909.
- Recherches sur la décomposition magnétique des raies spectrales. Arch. Neerl., Ser. II, 13, 260.
1909. De graad van volledigheid der circulaire polarisatie van magnetisch gesplitste lijnen. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 317, 30. Okt. — The Degree of Completeness of the Circular Polarisation of Magnetically Divided Lines. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 345, 30. Okt. — Le degré de perfection de la polarisation circulaire des raies décomposées dans un champ magnétique. Arch. Neerl. (2) 15, 179, 1910. — Der Grad der Vollkommenheit der zirkularen Polarisation magnetisch zerlegter Linien. Phys. Zeitschr. 11, I, 104, 1910.
1910. (Mit B. Winawer.) De magnetische splitsing van absorptie lijnen in verband met het spectrum der zonnevlekken, I, II, III. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 621, 29. Jan.; 889, 29. April; 233, 25. Juni. — The Magnetic Separation of Absorption Lines in Connexion with Sunspot Spectra, I, II, III. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 584, 29. Jan.; 35, 28. Mai; 162, 25. Juni; Astrophys. Journ. 32, 329. — La décomposition magnétique des raies d'absorption et son rapport avec le spectre des taches solaires. Arch. Neerl. (2) 15, 453. — Die magnetische Aufspaltung von Absorptionslinien im Zusammenhange mit dem Spektrum der Sonnenflecken. Phys. Zeitschr. 11, 553, 657, 880; 1910.
1911. Beschouwingen over lichtstraling onder den gelijktijdigen invloed van electrische en magnetische krachten en eenige naar aanleiding daarvan genomen proeven, I. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 957, 28. Jan. — Considerations Concerning Light Radiation under the Simultaneous Influence of Electric and Magnetic Forces, and some Experiments thereby suggested, I. Proc. Roy. Acad. Amsterdam 2, 27. Mai. — Betrachtungen über Lichtstrahlung unter dem gleichzeitigen Einfluß elektrischer und magnetischer Kräfte und einige durch sie angeregte Versuche, I. Phys. Zeitschr. 13, 177, 1912.
- Le cas général de la décomposition magnétique des raies spectrales et son application en astrophysique. Journ. de Phys. (5) 1, 442, 19. April. — Der allgemeine Fall der magnetischen Zerlegung der Spektrallinien und seine Anwendung in der Astrophysik. Phys. Zeitschr. 13, 86, 1912.
- (Mit C. M. Hoogenboom.) Electrische dubbele breking in nevels. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.) 20, 570, 25. Nov. 1911; 921, 27. Jan.; 21, 188, 29. Juni 1912. — Electric Double Refraction in some Artificial Clouds and Vapours, I, II, III. Proc. Roy. Acad. Amsterdam 14, 558, 786; 15, 178. — Elektrische Doppelbrechung in einigen künstlichen Wolken und Dämpfen. Phys. Zeitschr. 13, 913, 1912.
- Over het isoleerend vermogen van vloeibare lucht voor hoge spanning en over het electro-optisch Kerr effect in vloeibare lucht. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 30. Dez. — Note on the Insulating Power of Liquid Air for High Potentials and on the Kerr Electro-optic Effect of Liquid Air. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 650. — Notiz über das Isolationsvermögen der flüssigen Luft für hohe Spannungen und über den Kerreffekt der flüssigen Luft. Phys. Zeitschr. 13, 529, 1912.
1912. Over de polarisatie van het licht door de spleet van een spektroskoop en daardoor teweeg gebrachte fouten. Versl. K. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 26. Okt. — On the Polarisation Impressed upon Light by Traversing the Slit of a Spectroscope and some Errors resulting therefrom. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 599. — Über die Polarisation, die dem Lichte infolge Durchgangs durch den Spalt eines Spektroskops aufgezungen wird, und über einige aus ihr entstehende Fehler. Phys. Zeitschr. 14, 95, 1913.

1913. (Mit R. W. Wood.) Eene methode ter waarneming van fijne absorptielijnen van metaaldampen voor onderzoekingen in sterke magnetische velden. Versl. k. Ak. van Wet. (Afd. Nat.) 25. Jan. — A Method for obtaining Narrow Absorption Lines of Metallic Vapours for Investigations in Strong Magnetic Fields. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 22. Febr. — Eine Methode, feine Absorptionslinien für Untersuchungen in starken Magnetfeldern zu erhalten. Phys. Zeitschr. 14, 405.

De roode Lithiumlijn. Versl. k. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 25. Jan. — The Red Lithium Line. Proc. Roy. Acad. Amsterdam, 22. Febr. — Die rote Lithiumlinie. Phys. Zeitschr. 14, 405. — De roode Lithiumlijn en de spektroskopische bepaling van atoomgewichten. Versl. k. Ak. van Wet. (Afd. Nat.), 28. Juni. — The red lithium line and the spectroscopic determination of atomic weights. Proc. Roy. Acad. Amsterdam 16, 155. — Die rote Lithiumlinie und die spektroskopische Atomgewichtsbestimmung. Phys. Zeitschr. 14, 913.

(Mit H. R. Woltjer.) Magnetische Zerlegung und Temperatur. Versl. k. Akad. van Wet. 22, 164.

Zeemaneffekt und Sonnenforschung.

Von R. Emden, München.

Wenn rückblickend fünfundzwanzig Jahre nach der Entdeckung Zeemans deren Bedeutung und Auswirkung auf unsere naturwissenschaftliche Erkenntnis gewürdigt werden sollen, darf der Astrophysiker nicht stillschweigend beiseite stehen. Ist doch der Zeemaneffekt mit in erster Linie berufen, die dritte der Einwirkungen der Sonne auf unseren Planeten, Gravitation, Strahlung und elektromagnetische Beziehungen, aufzuhellen. Und wie er geeignet ist, den Aufbau des Atoms enträtseln zu helfen, so bietet er dem Astrophysiker die Möglichkeit, Aufschlüsse zu erhalten über die Beschaffenheit der Sonne, und damit allgemein der Sterne, der Atome seiner Welt.

I. Die Magnetfelder der Sonnenflecke.

Im Jahr 1892 entdeckte Young, daß im Spektrum der Sonnenflecke einige Eisenlinien doppelt erscheinen. Diese Beobachtungen wurden von W. M. Mitchell weiter verfolgt; die Doublets wurden von ihm als „reversals“ bezeichnet, die Erscheinung also in Analogie zu einem bekannten Laboratoriumsversuch mit Natriumdampf als Selbstumkehr der Linien gedeutet (1). Die ersten photographischen Aufnahmen gelangen Hale (2 u. 3). Die nähere Erklärung der Selbstumkehr bot unkontrollierbarer Phantasie weiten Spielraum. Die Entdeckung des Zeemaneffektes hat hier vollständigen Wandel und Klarheit geschaffen. Es ist das Verdienst von Hale, erkannt zu haben, daß dieser geeignet ist, unter annehmbaren Voraussetzungen diese Doubletbildung restlos zu erklären, um weiterhin mit Hilfe der reichen Hilfsmittel des Mount-Wilson-Institutes in einer Untersuchung (4), die einen Merkmalsstein in der Geschichte der Sonnenphysik bildet, die neue Auffassung experimentell zu bestätigen.

Aus mannigfachen Gründen kann geschlossen werden, daß die Sonnengase zum Teil ionisiert sein müssen, wobei die Dissoziationsprodukte in

größeren Massen, räumlich getrennt, als freie Elektrizitätsmengen auftreten können, und wahrscheinlich die negativen Mengen und Elektronen, in höheren Lagen angetroffen werden. Andererseits ist durch den optischen Befund, namentlich durch die bekannten Flocculaaufnahmen Hales, und gestützt durch theoretische Erwägungen mit großer Sicherheit festgestellt, daß die Sonnenflecke als Wirbel aufzufassen sind, die nahe der Photosphäre liegen, mit vertikal gerichteten Drehachsen. Wird in diesen Wirbeln eine freie Elektrizitätsmenge um die Drehachse herumgeführt, so entsteht bekanntlich ein magnetisches Feld, durch Drehachse, Drehsinn und Vorzeichen der Ladung bestimmt. Das Licht, das den Flecken entströmt, unterliegt der Einwirkung des Feldes, und ein Zeemaneffekt ist zu erwarten, longitudinal oder transversal, je nachdem der irdische Beobachter auf einen Fleck in der Mitte oder am Rande der Sonnenscheibe einstellt. In den zentral gelegenen, zu bequemer Beobachtung geeigneten Flecken, muß deshalb Linienverdoppelung auftreten können, nicht durch Selbstumkehr, sondern bei genügender Feldstärke durch longitudinalen Zeemaneffekt. Als experimentum crucis ist der Polarisationszustand der beiden Komponenten festzustellen, die in letzterem Falle entgegengesetzt zirkular polarisiert auftreten müssen. Damit ist die Untersuchungsmethode angezeigt. Die beiden entgegengesetzt zirkular polarisierten Strahlen werden, indem ihren Komponenten ein

Gangunterschied von $+\frac{\lambda}{4}$ aufgezwungen wird, in 2 geradlinig, senkrecht zueinander polarisierte Strahlen verwandelt, die leicht nachzuweisen sind. So ergab sich folgende Beobachtungsweise:

Das Turmteleskop entwirft ein Sonnenbild von 17 cm Durchmesser auf den Spalt eines vertikal aufgestellten Spektrographen von 9,14 m Brennweite mit Autokollimation. Dieser stand in einem vertikalen Schacht, das Gitter (567 Striche auf das mm, 10 cm breit) etwa 8 m unterhalb der Erdoberfläche. Vor dem Spalt waren ein Fresnel'sches Parallelepipedon und ein Nicol angebracht. (Das Fr. P. ist bekanntlich ein Glaserhombus, der durch zweimalige totale Reflexion unter geeignetem Winkel geradlinig polarisiertes Licht in zirkular polarisiertes Licht, und umgekehrt, verwandelt.) Die beiden Strahlen des Zeemanschen Doublets fallen somit senkrecht zueinander, geradlinig polarisiert auf den Nicol, so, daß durch Drehung desselben die rote resp. violette Komponente ausgelöscht werden kann. Vollständige Auslöschung ist kaum zu erwarten, da das Licht nicht genau in Richtung der Kraftlinie auf den irdischen Beobachter zukommt und dadurch mehr oder minder elliptisch polarisiert ist. (Auch erleidet geradlinig polarisiertes Licht durch die Reflexionen an dem Zölostaten sowie dem zweiten Spiegel des Turmteleskops elliptische Polarisierung, deren Betrag experimentell ermittelt wurde und durch entsprechende Drehung des Nicols korrigiert

werden konnte.) Nach Passieren des Spaltes und Spektrographen wurde das Lichtbündel in einer in der Spaltebene gelegenen Brennebene aufgefangen und photographisch fixiert. Der Spalt wurde, der Fleckenbreite entsprechend, auf 1 bis 2 mm Länge abgeblendet; in einer zweiten, das Vergleichsspektrum liefernden Aufnahme wurde dies freie Stück durch ein dem Fleck benachbartes, ungestörtes Element der Photosphäre ausgefüllt.

Die ersten, am 24. Juni 1908 im Spektrum zweiter Ordnung gewonnenen Aufnahmen waren nicht befriedigend. Allein bereits am 25. Juni wurden im Spektrum dritter Ordnung in der Gegend $\lambda = 6000\text{--}6200 \text{ \AA}$ gute Aufnahmen erhalten, welche bei Drehung des Nicols um 90° eine deutliche Intensitätsänderung beider Komponenten der Doppellinien zeigten, so daß die Einstellung maximaler Helligkeitsdifferenz ermittelt werden konnte. Ferner zeigte sich, daß bei Drehung des Nicols einige lediglich verbreiterte Linien verschoben wurden, anzeigend, daß ihre Kanten entgegengesetzt zirkular polarisiert waren. Daß diese Erscheinungen nicht Fehlern der Versuchsanordnung zuzuschreiben sind, geht daraus hervor, daß die sogenannten atmosphärischen Linien, welche das Spektrum durchziehen, stets als scharfe Linien unverändert liegen blieben. Es zeigte sich weiterhin, daß, Laboratoriumsversuchen entsprechend, die Aufspaltung mit abnehmender Wellenlänge abnahm und Banden (z. B. Cyan $\lambda = 3883 \text{ \AA}$) nicht reagierten. Überaus überzeugend sind die Aufnahmen, die mehrmals erhalten werden konnten, wenn gleichzeitig zwei Flecke auftraten, deren Drehsinn nach den Flocculienaufnahmen entgegengesetzt war. Wurde bei beiden Aufnahmen der Nicol in der gleichen geeigneten Lage festgehalten, so zeigten sich entgegengesetzt liegende Dublettlinien ausgelöscht.

Zur Bestimmung der magnetischen Feldstärke dienten hauptsächlich Eisen-, Chrom- und Titanlinien. Der in den Sonnenflecken ermittelte Dublettabstand wurde verglichen mit der im Laboratorium bei bekannter Feldstärke gemessenen Aufspaltung. So ergaben sich maximale Feldstärken (vom Zentrum des Flecks nach außen abnehmend) in den gewaltigen Beträgen von 2900—4000 Gauß. (Maximale Intensität des Erdfeldes 0,66 Gauß.) Diese Feldstärke ist nicht nur, wie zu erwarten war, von Fleck zu Fleck verschieden, sondern wird in demselben Fleck je nach der benutzten Linie sehr verschieden gemessen. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich aus der bekannten Tatsache, daß die verschiedenen Linien, selbst desselben Elementes, sich in verschiedenen Niveaus über der Photosphäre ausbilden. So ergaben die Dubletts und Triplets von Eisen die stärksten Feldstärken. Die D-Linie des Natriumdampfes und die b-Linien des Magnesiums, die in höheren Schichten sich ausbilden, zeigten in der Regel schwächere Felder an. Und schließlich ergab die H_α -Linie des

Wasserstoffs, den größten Höhen entstammend, kein Anzeichen magnetischer Feldstärke mehr. Daraus folgt, daß die magnetische Feldstärke der Sonnenflecken außerordentlich rasch mit Erhebung über die Photosphäre abnimmt, die Flecken selbst aber in dieser liegen. Es ist schon aus diesen Beobachtungen gänzlich ausgeschlossen, daß die Flecke mit magnetischen Kraftlinien nach der Erde herübergreifen.

Umständlicher gestaltet sich die Untersuchung des reinen transversalen Zeemaneffektes; da ein Fleck am Sonnenrand lediglich als schmale Linie erscheint und deshalb nicht mehr auf den Spalt abgebildet werden kann. In Wirklichkeit tritt nach dem Sonnenrande zu die immer stärker ausgebildete geradlinig polarisierte Mittelkomponente auf, während die Seitenkomponenten immer stärkere elliptische Polarisation zeigen. Diese Mittelkomponente ergab sich meistens schwach ausgebildet auch in dem oben geschilderten longitudinalen Effekt, da selbst bei zentraler Lage die Rotationsachse (und Kraftlinien) mit dem Sonnenradius einen merkbaren Winkel bilden kann. Auch erweisen sich, selbst bei zentraler Lage, manche nicht vollständig aufgespaltene, sondern lediglich verbreiterte Linien, deutlich dadurch als Triplets, daß ihre Mitte durch Drehen des Nicols aufgehellt werden kann. In bezug auf diese verwickelten Verhältnisse sowie auf Beobachtung anomaler Zeemaneffekte muß auf die Originalabhandlung verwiesen werden.

Es erhebt sich schließlich die Frage nach den Vorzeichen der in den Wirbeln umlaufenden Elektrizitätsmengen. Durch den Zeemaneffekt kann lediglich entschieden werden, ob die magnetischen Kraftlinien im Radiussinne oder entgegengesetzt verlaufen; sie selbst sind aber ihrer Richtung nach durch den Drehsinn des Wirbels sowohl wie durch das Vorzeichen der Ladung bestimmt. Nimmt man aber mit einiger Wahrscheinlichkeit an, daß der Drehsinn durch die Struktur der Wasserstoffflocculi bei monochromatischer Aufnahme in der H_α -Linie angezeigt wird, so folgt, daß in den Flecken negative Ladungen, Ionen oder Elektronen, umlaufen.

Nimmt man etwa an, daß Elektronen mit 100 km/sek in einem Ringe von 25 000 km Breite, 1000 km Tiefe und 100 000 km Durchmesser rotieren, und setzt die Stromstärke (in Kathodenröhren gemessenen Werten entsprechend) zu $3,4 \cdot 10^{-5} \text{ amp/cm}^2$ an, so resultiert ein Feld von rund 1000 Gauß. „Such a calculation is of little value, except for the purpose of indicating, that a magnetic field of the observed order of magnitude might conceivably be produced on the sun.“ (6) (Hale).

Durch diese erste Versuchsreihe war die Existenz starker magnetischer Felder der Sonnenflecke sichergestellt. Die mit dem Jahre 1909 eintretende starke Abnahme der Fleckenhäufigkeit ermöglichte aber dem Zeemaneffekt, ein neues Gebiet aufzuschließen, worüber unter II berichtet werden soll.

II. Das allgemeine Magnetfeld der Sonne.

Obwohl die Quellen des magnetischen Feldes der Erde noch unbekannt sind, weist doch das nahe Zusammenfallen ihrer magnetischen Achse und Drehachse auf einen ursächlichen Zusammenhang desselben mit der Drehbewegung hin. Ein solcher Zusammenhang läßt sich begründen, indem man etwa annimmt (*E. Bauer*), daß längs des Erdradius freie Elektrizitätsmengen geschieden sind, die durch die Rotationsbewegung als Kreisströme verschiedener Intensität auftreten, oder (*Schuster*) die Moleküle mit rasch umlaufen-

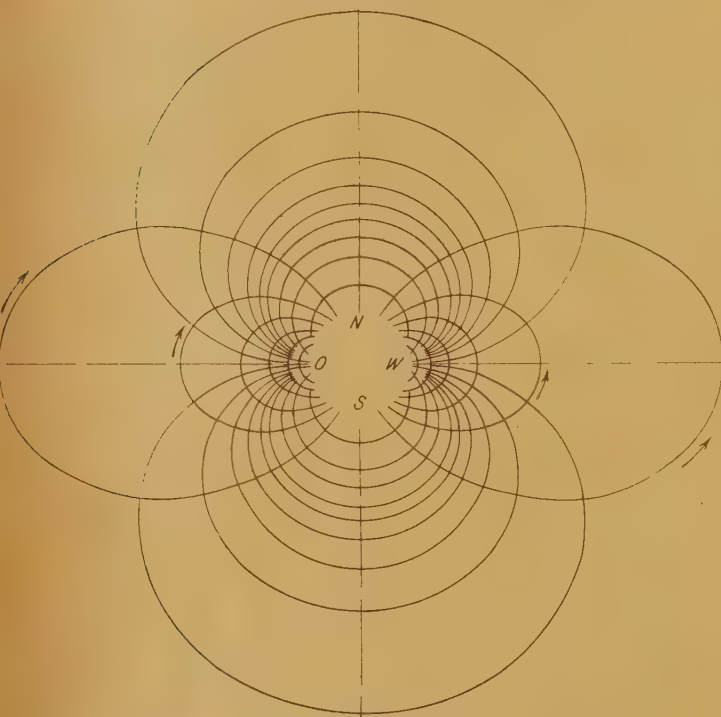


Fig. 1. Äußeres Kraftfeld einer gleichmäßig magnetisierten Kugel (Sonne), übereinstimmend mit dem Kraftfeld eines zentral gelegenen Bipols, dargestellt durch Kraftlinien und Äquipotentialflächen. Erstere durch Pfeile gekennzeichnet, entspringen der Südhemisphäre. Rotation der Figur um die N—S-Achse liefert das räumliche Feld.

den Elektronen als Kreisel betrachtet, die durch Kreiselwirkung infolge der Erddrehung gerichtet werden. Diese Auffassung, die durch Versuche von *Einstein* und *de Haas* sowie *Barnett* (7) an Wahrscheinlichkeit gewinnt, läßt folgern, daß jeder Körper von genügender Größe bei Rotation sich mit einem Magnetfeld umgibt. Der Nachweis eines allgemeinen Magnetfeldes der Sonne wäre deshalb nicht nur für den Astrophysiker von größter Bedeutung. Wiederum war es der Zeemaneffekt, der *Hale* diesen Nachweis ermöglichte (8).

Zur Auswertung des gewonnenen Beobachtungsmaterials wurde die Sonnenkugel in Richtung der Rotationsachse gleichmäßig magnetisiert angenommen, entsprechend dem Hauptgliede der Gaußschen Entwicklung des erdmagnetischen Potentials. (Der irdische Beobachter sieht die

Äquatorebene der Sonnenkugel unter Winkeln, die zwischen $\pm 7^\circ$ wechseln.) Das äußere Feld einer solchen gleichmäßig magnetischen Kugel kann bekanntlich auch von einem zentral gelegenen Bipol von bestimmtem Moment M abgeleitet werden und ist durch ein Potential:

$$V = \frac{M \sin \psi}{r^2}, \quad \dots \dots \dots (1)$$

ψ die heliographische Breite, bestimmt. Ein Bild des Feldes gibt Fig. 1. Die Feldstärke ist an den Polen doppelt so groß wie am Äquator, und die austretenden Kraftlinien bilden mit der Sonnenoberfläche einen $\propto \delta$:

$$\text{tg } \delta = 2 \text{ tg } \psi. \quad \dots \dots \dots (2)$$

Maximaler Zeemaneffekt, und zwar longitudinaler Art, wird deshalb in Richtung der Achse angetroffen. Der in der Äquatorebene gelegene irdische Beobachter erhält aber in Richtung der Pole transversalen Effekt, ebenso am Äquator. Rein longitudinalen Effekt beobachtet er in der heliozentrischen Breite 35° , da hier, wie aus Gl. (2) leicht ableitbar, die Kraftlinien in Richtung Erde austreten. Die Dublettenkomponenten sind hier rein zirkular polarisiert. Als günstigste Beobachtungsstelle wird sich aber weiterhin die Breite 45° erweisen; die Feldstärke hat zugenommen, ohne daß der Übergang zu elliptischer Polarisation schon störend wird.

Die oben beschriebene Versuchsanordnung erwies sich als ungenügend; sie konnte wohl die starken magnetischen Felder der Flecken nachweisen, nicht aber das ungleich schwächere allgemeine Magnetfeld der Sonne. Glücklicherweise gelang es, die erforderlichen, mächtigen Instrumente noch rechtzeitig zur Verwendung während der Periode kleinster Fleckenhäufigkeit fertigzustellen. Ein Zölostat auf der obersten Plattform eines 50 m hohen Turmes sendet das Sonnenlicht einem zweiten Spiegel zu, von welchem reflektiert es einem Objektiv von 45,7 m Brennweite zugeführt wird, welches ein Sonnenbild von 43 cm Durchmesser in dem Laboratorium am Fuße des Turmes liefert. Der Spalt des Spektrographen, auf den das Bild fällt, liegt etwa 0,9 m über dem Erdboden. Nach Passieren desselben fällt das Licht auf eine Kollimatorlinse von 22,9 m Brennweite, nahe am Boden eines Schachtes von 24,4 m Tiefe aufgestellt, wodurch die nötige Konstanz der Temperatur gesichert ist. Unterhalb der Linse liegt ein von *Michelson* geteiltes Gitter von hohem Auflösungsvermögen; 622 Linien auf das mm, geteilte Fläche 67×122 mm. Dann kehrt das Licht durch die Kollimatorlinse, die auch als Kameraobjektiv dient, zurück und liefert ein Bild des Spektrums auf einer Platte dicht neben dem Spalt des Spektrographen. In einer Aufnahme kann ein Teil des Spektrums von 1 m Länge aufgefangen werden. Im Spektrum dritter Ordnung, das zu den Messungen benutzt wurde, entsprechen 1 Å auf der Platte 4,9 mm bei $\lambda = 5000$ Å. (Abstand der D-Linien 29 mm, in diesem Intervall

konnten 75 Absorptionslinien des Joddampfes scharf erhalten werden.) Auf dem Spalt wurde der zentral gelegene Sonnenmeridian abgebildet und der Zeemaneffekt in seiner Abhängigkeit von der heliographischen Breite ψ bestimmt. Mit Rücksicht auf die geringe Feldstärke mußte der wichtige polarisierende Teil besonders konstruiert werden. Ein der erforderlichen Spaltlänge angepaßtes Nicol wurde erhalten, indem vier Nicols von je 32,5 mm Länge der Diagonalen (18 mm hoch und 10 mm breit) unmittelbar über dem Spalt aneinandergesetzt waren, so daß sich eine nutzbare Länge von 130 mm ergab. Dieser zusammengesetzte Nicol konnte selbstverständlich relativ zum Spalt nicht verdreht werden; handelte es sich um Feststellung der Schwingungsebene geradlinig polarisierten Lichtes (so namentlich in der unter III geschilderten Versuchsreihe),

so konnte über ihm eine sogenannte $\frac{\lambda}{2}$ -Glimmerplatte eingeschoben werden. (Bei Drehung in ihrer Ebene dreht sie bekanntlich die Schwingungsebene hindurchgehenden geradlinig polarisierten Lichtes um den doppelten Winkel.) Zur Untersuchung des zirkular polarisiert einfallenden Lichtes wurde eine $\frac{\lambda}{4}$ -Glimmerplatte besonderer Konstruktion verwandt. Sie bestand aus 2 mm breiten Streifen, die senkrecht zum Spalt zwischen zwei Glasplatten lagen, mit ihren Kanten sich berührend. Die optischen Achsen dieser Streifen bildeten mit dem Spalt Winkel von 45° und standen in aufeinanderfolgenden Streifen senkrecht aufeinander. Fällt ein Bündel zirkular polarisierten Lichtes ein, so wird es in nebeneinanderliegende 2 mm breite Bündel geradlinig polarisierten Lichtes verwandelt, deren Schwingungsebenen abwechselnd parallel und senkrecht zum Nicol liegen. Der Spalt empfängt dann nur Licht in 2 mm langen Intervallen, die durch 2 mm lange, dunkle Intervalle getrennt sind. Bei entgegengesetzter Schwingung des zirkular polarisierten Lichtes wird hell und dunkel vertauscht. Bei Einstellung auf rein longitudinalen Zeemaneffekt wird also das Spektrum der Länge nach in 2 mm breite Streifen geteilt erscheinen, in welchen abwechselnd die rote oder violette Komponente auftritt, so daß die den Feldstärken proportionale Dublettbreite ohne weiteres gemessen werden kann. Eine Mittelkomponente ist nicht vorhanden. In Wirklichkeit bildet aber die Sehlinie einen bis 90° ansteigenden Winkel mit den magnetischen Kraftlinien der Sonne; die zirkularen Schwingungen verwandeln sich immer mehr in elliptische, und es tritt auch die linear polarisierte Mittelkomponente auf. In jedem der 2 mm breiten Streifen des Spektrums treten nun die drei Komponenten auf, in abgestuften Helligkeiten, die in aneinandergrenzenden Streifen gleiche Lage haben, aber in umgekehrter Helligkeitsfolge. Bei ungenügender Aufspaltung in schwachen Feldern schieben sich diese drei breiten Linien übereinander, und der Beobachter stellt

auf die größte resultierende Helligkeit bzw. Plattenschwärzung ein. Die etwas heikle Theorie dieses Vorganges ist von Seares (9) entwickelt unter der Voraussetzung, daß die Tripletbreite klein ist gegen die Linienbreite. Tatsächlich betrug sie nur etwa $\frac{1}{100}$ der Linienbreite im Spektrum dritter Ordnung! Dann ergibt sich, daß die Differenz der Einstellungen auf Stellen größter Helligkeit in zwei benachbarten Streifen gleich ist der gesuchten Tripletbreite Δ . Und für diese ergibt sich nach Seares:

$$k\Delta = [3 \sin(2\psi - D) + \sin D] \cos i \\ + [3 \cos(2\psi - D) + \cos D] \sin i \cos \lambda. \quad (3)$$

Δ die Breite des Triplets,

ψ die heliographische Breite des beobachteten Punktes der Sonnenscheibe,

D die Winkelerhebung des irdischen Beobachters über den Äquator der Sonne,

i der Winkel zwischen magnetischer Achse und Sonnenachse,

λ die heliographische Länge des magnetischen Nordpols in bezug auf den zentral gelegenen Meridian,

k eine Konstante, abhängig von den Einheiten und dem Verhalten der Linien in einem bekannten magnetischen Feld.

Für $i = 0$ ergibt sich:

$$k\Delta = 3 \sin(2\psi - D) + \sin D \quad \dots \quad (4)$$

und weiter für $D = 0$:

$$k\Delta = 3 \sin 2\psi \quad \dots \dots \dots (5)$$

Die Beobachtungen ergaben i nahe gleich Null, und da D keinesfalls 7° überschreitet, wird der Gang von Δ in erster Linie durch (5) dargestellt. Es ergibt sich also eine Sinuslinie mit Nullwerten an den Polen und am Äquator und Maximalwerten unter $\pm 45^\circ$ Breite.

Die Differenzen Δ sind so klein, daß sie mit Hilfe des Komparators kaum gemessen werden können. Geeigneter erwies sich folgendes, auf dem Prinzip des Ophthalmometers beruhendes Verfahren. Aus einer planparallelen Glasplatte von 1,14 mm Dicke war, entsprechend den Streifen der $\frac{\lambda}{4}$ -Platten, ein 2-mm-Streifen herausgeschnitten, der rechtwinklig zu seiner Längsrichtung um eine in der Plattenebene gelegene Achse aufgedreht werden konnte. Der Winkel, um den aufgedreht werden mußte, um die Linien des Mittelstreifens mit denen der Seitenstreifen zur Deckung zu bringen, gab ein Maß für die Verschiebung. Um die persönlichen Fehler auszuschließen, wurde auch das selbstregistrierende Photometer von Koch angewandt. In seiner damaligen Ausführung zeigte es sich diesem Plattenmikrometer nicht überlegen.

Wie schon bemerkt, entspricht 4,9 mm Abstand auf der Platte 1 A; 0,001 mm also 0,0002 A; die größten zu erwartenden Verschiebungen betrugen 0,003—0,004 mm; es mußten zur Bestimmung der Lage der Achse schließlich noch Verschiebungen von etwa 0,0005 mm ermittelt wer-

den. Dabei betrug die Verschiebung etwa 0,01 der Breite einer Linie. So vollzog sich die Messung hart an der Beobachtungsgrenze. Our knowledge of the general magnetic field of the sun is based upon line displacements so minute as to fall well within the ordinary limits of error of spectroscopic measurements. A very conservative attitude is thus demanded and no effort should be spared to verify the reality of the effect, which sometimes fails to appear in the measurements of skilled observers. (*Hale*.) Und an anderer Stelle: The lines are wide in comparison with their shifts, and when measurements are first undertaken the accidental errors are usually so large as to mask completely the quantities to be observed, which even after much practice remains for many observers below the limits of perception. Thus five members of the observatory's staff have made more or less extensive series of measurements without obtaining a positive result. On the other hand an equal number of other members of our staff have produced evidence of the objectivity of the displacements and their agreement with the hypothesis that the sun behaves approximately as a magnetised sphere. (*Hale*.) Die Feststellung dieser minimalen Verschiebungen wird in erster Linie durch das Plattenkorn erschwert. So wurde eine scharfe Linie durch das beschriebene Plattenmikrometer hindurch photographiert, wobei durch Aufdrehen eine Verschiebung von 0,04 mm erzielt wurde. Die Ausmessung von drei Platten gab auf einer Platte eine Verschiebung von entgegengesetztem Vorzeichen. Alle Platten, die vom Standpunkt der photographischen Technik aus nicht tadellos waren, wurden deshalb als unbrauchbar ausgesondert, ebenso alle Messungen, die zu große Abweichungen von der durch Gl. (5) gegebenen Kurve zeigten (im Jahre 1912 z. B. 62 Messungen von 766). Stets wurde peinlich darauf geachtet, daß jeder Messende vollkommen im Unklaren war über die Natur der vorliegenden Platte und die zu erwartenden Ergebnisse. Die Unsicherheit der einzelnen Messung wurde durch eine große Zahl derselben nach Möglichkeit abgeschwächt. So wurden im Jahre 1914 allein 2178 Spektren aufgenommen. Über weitere Einzelheiten, namentlich über die mannigfachen, sinnreichen Kontrollversuche, welche die Realität der Messungsergebnisse verbürgen helfen, muß auf die Originalarbeiten verwiesen werden. Die Entdeckung eines der wichtigsten Ergebnisse der neuen Astrophysik beruht demnach auf einem Beobachtungsmaterial, das, obwohl durch die mächtigsten zur Verfügung stehenden Hilfsmittel gewonnen, von einem minder zähen und überzeugten Bearbeiter vielleicht als unbrauchbar beiseite gelegt worden wäre.

Zu den vier Linien (2 Fe, 1 Ni, 1 ?), auf welchen die ersten vier Versuchsreihen beruhten, kommen weiterhin noch 26 Linien hinzu (8 Fe, 4 Ni, 8 Cr, 5 V, 6 Ti). 18 Linien (10 Fe, 1 Ni, 1 Cr, 1 V, 1 Ca, 2 Ti, 2 ?), die in den Magnetfeldern der Flecke Zeemaneffekt zeigten, reagierten nicht

auf das allgemeine Feld der Sonne. Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse sind folgende:

1. Der Zeemaneffekt in den verschiedenen Sonnenbreiten ergibt die Sonne als Magnet mit den Polen nahe der Rotationsachse.
2. Die Polarität der Sonne stimmt mit der der Erde überein.
3. Wenn im Hinblick auf eine erwähnte Theorie des Erdmagnetismus angenommen wird, daß die rotierende Sonne eine resultierende elektrische Ladung trägt, so ist deren Vorzeichen negativ.
4. Manche Sonnenlinien zeigen im allgemeinen Magnetfeld der Sonne keinen Zeemaneffekt, trotzdem sie auf die Kraftfelder der Flecke reagieren.
5. In erster Näherung kann die maximale Feldstärke des Magnetfeldes der Sonne an den Polen zu rund 50 Gauß angesetzt werden. Das ist etwa $\frac{1}{100}$ der Feldstärke der Flecke und ungefähr das 80fache der Feldstärke der Erde.
6. Die Feldstärke der Sonne an den Polen ergibt sich zu 55 Gauß für die schwächsten und etwa 10 Gauß für die stärksten Linien.
7. Für das normale Zeemantriplett ergibt sich eine Sinuskurve mit Nullwerten an den Polen und am Äquator und Maxima unter $\pm 45^\circ$ Breite (Gl. (5)).

Auf das Ergebnis 6. muß näher eingegangen werden. In einer Reihe von Arbeiten hat *John* (11) nachgewiesen, daß Linien mit zunehmender Intensität höheren Schichten der Sonne angehören. Auch die neuen Arbeiten von *Saha* (12) geben darüber wichtige Aufschlüsse. Nimmt man weiter Bezug auf die Untersuchungen von *Mitchell* (13) über die Ausbildung der Linien im Flashspektrum, wonach in Übereinstimmung mit *Saha* jeder Linie ein gewisses Niveau zugeordnet werden kann, und vergleicht damit die von der betreffenden Linie angezeigten Feldstärken, so ergibt sich schließlich ein Zusammenhang zwischen Feldstärke und Höhe über der Photosphäre, der durch Fig. 2 zur Darstellung gebracht ist.

Daraus wird gefolgert, daß das allgemeine Magnetfeld der Sonne bereits in 450 km Höhe über der Photosphäre erlischt. (Der von *Hale* angegebene Wert von 150 km ist offenbar ein Druckfehler, wie ein Blick auf diese Fig. 2 und die Fig. 6 seiner Abhandlung zeigt.) So findet auch das Ergebnis 4 seine Erklärung darin, daß die starken Linien höheren Schichten entstammen. Allein diese Folgerungen scheinen mir in vollständigem Widerspruch zu stehen mit der Auffassung der Sonne als gleichmäßig magnetisierter Kugel, welche Vorstellung der Bearbeitung des ganzen Beobachtungsmaterials und der Berechnung der polaren Feldstärke H_p zugrunde liegt. Nach Formel (1) ergibt sich leicht für die Feldstärke H in Richtung der Achse im Abstand r vom Sonnenmittelpunkt:

$$H = \frac{2M}{r^3}$$

mit der Folge:

$$\frac{\Delta H}{H} = 3 \frac{\Delta r}{r}.$$

Setzt man $\Delta r = 450$ km und $r =$ Sonnenradius $= 7.10^5$ km, so folgt rund:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{1}{500},$$

also nur eine Abnahme der Feldstärke in 450 km Höhe, die sich dem Beobachter vollständig entzieht. Da aber eine Begrenzung des Magnetfeldes der Sonne in dieser Höhe, rund einem Abstand von $\frac{1}{2}''$ von dem Rande der Photosphäre entsprechend, ebenso unwahrscheinlich ist, wie ein Erlöschen des Magnetfeldes der Erde in 4–5 km Höhe, dürfte die in Fig. 2 resultierende Schlußfolge nicht stichhaltig sein.

Die bisherigen Untersuchungen ergeben ein allgemeines Magnetfeld der Sonne und zeigen, daß diese in Annäherung als gleichmäßig magnetisierte Kugel betrachtet werden kann, und daß

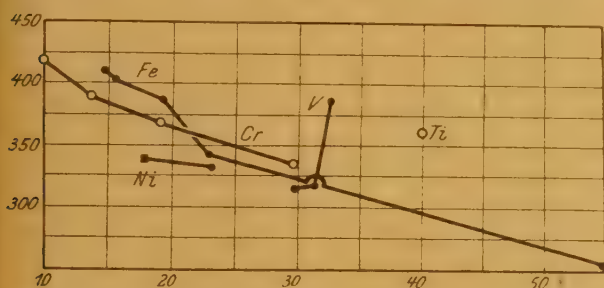


Fig. 2. Ermittelte Abnahme der magnetischen Feldstärke bei Erhebung in der Sonnenatmosphäre. Die Erhebungen (Ordinaten) in km und die Feldstärken (Abszissen) in Gauß.

deren magnetische und Rotationsachse zusammenfallen. Die Besonderheiten des Erdfeldes legen die Vermutung nahe, daß diese beiden Voraussetzungen nicht in Strenge gelten. Es war nun in erster Linie ein etwa vorhandener Winkel i zwischen beiden Achsen zu ermitteln.

Zu dieser Untersuchung (13) wurden die durch Intensität, Lage im Spektrum und Größe ihres Zeemaneffektes besonders geeigneten drei Chromlinien $\lambda = 5247, 5300$ und 5329 ausgewählt, und ihre Verschiebung Δ in ihrer Abhängigkeit von der heliographischen Breite ψ im Zeitraum vom 2. Juni bis 23. September 1914 bestimmt. In beinahe ununterbrochener Folge wurden täglich 12 Aufnahmen gewonnen und die Spektrogramme von 63 Tagen durch van Maanen ausgemessen. So ergaben sich mehr als 2000 Messungsreihen der Δ , jede etwa 100 Mikrometereinstellungen erfordernd. Jede gemessene Verschiebung Δ enthält nach Gl. (3) die Unbekannten k, i und λ . Die Länge λ enthält eine Epoche t_0 , in welcher der magnetische Pol auf dem Zentralmeridian liegt, sowie die Periode P , in welcher die magnetische Achse um die Sonnenachse rotiert. Für die Dauer eines Tages kann λ als Konstante angenommen

werden, so daß für jeden Tag und jede Linie zwei Unbekannte x und y als Funktionen von k, i und λ gegeben sind, deren Bestimmung für jede Serie k, i, t_0 und P ergibt. Denn Gl. (3) kann geschrieben werden:

$$\Delta = Ax + By \dots \dots \dots (6)$$

$$x = \frac{\cos i}{k}, y = \frac{\sin i \cos \lambda}{k} \dots \dots \dots (7)$$

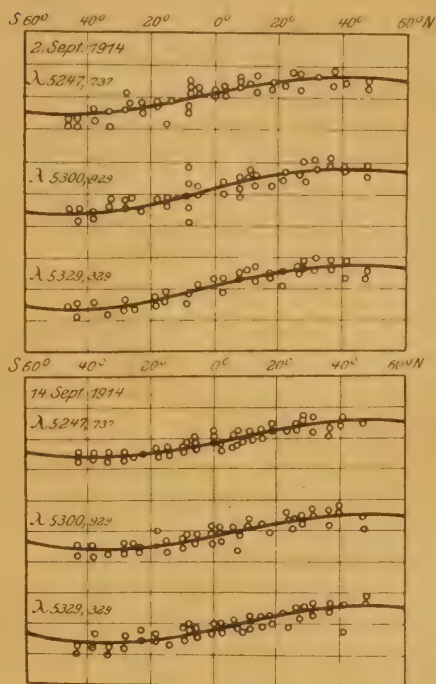


Fig. 3. Verschiebungskurven für den 2. u. 14. Sept. 1914. Abszissen sind die heliographischen Breiten, Ordinaten die Verschiebungen Δ ; ein Skalenteil des Diagramms entspricht 0,005 mm. Die der Gl. (6) entsprechenden Kurven sind aus den beobachteten Δ konstruiert. Ihre Ordinaten bei $\psi = 0$ zeigen den zusammengesetzten Einfluß von D, i und λ . Die 3 Kurven ergeben als Mittelwert von $Y = \text{tg } i \cos \lambda$ für den 2. Sept. $+0,213$, für den 14. Sept. $-0,159$. Diese sind, wie die Y -Werte für jeden anderen Tag, in Fig. 4 eingetragen.

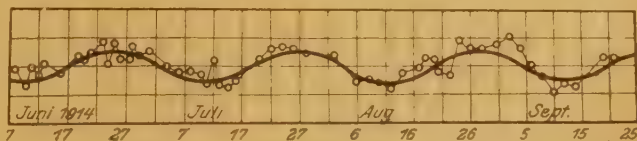


Fig. 4. Die Kurven $Y = \text{tg } i \cos \lambda$. Jeder Punkt entspricht den Messungsergebnissen eines einzelnen Tages, entsprechend Fig. 3. Eine mittlere Kurve ergibt angenäherte Werte für i, P u. t_0 , aus welchen die endgültigen Werte, durch die ausgezogene Kurve dargestellt, mit Hilfe kleinster Quadrate berechnet wurden. Die gute Übereinstimmung der theoretischen Y -Kurve mit den beobachteten Werten beweist das Vorhandensein des allgemeinen Magnetfeldes der Sonne.

A und B enthalten nur bekannte Größen, so daß aus dem beobachteten Δ eines einzelnen Tages die Unbekannten x und y mit Hilfe kleinster Quadrate berechnet werden können. Diese liefern schließlich:

$$Y = \frac{y}{x} = \text{tg } i \cos \lambda \dots \dots \dots (8)$$

also eine cos-Kurve über einer λ - (t) Achse, deren Amplituden $\operatorname{tg} i$ ergeben.

In Fig. 3 sind für den 2. und 14. September die Einzelmessungen der Δ eingezeichnet, ebenso die nach (6) ausgeglichenen Kurven. Die so für jeden Tag ermittelten Werte von Y sind in Fig. 4 eingetragen, ebenso die daraus mit Hilfe kleinster Quadrate ausgeglichene Kurve. Diese liefert die gesuchten Werte:

$$i = 6,0^\circ \pm 0,4^\circ; P = 31,79 \pm 0,31 \text{ Tagen}; \\ t_0 = 1914, \text{ Juni } 25,31 \pm 0,42 \text{ Tage M. Gr. Z.}$$

Später wurden noch 11 Tage dieser Periode ausgewertet, so-daß sich schließlich ergab:

$$i = 6,0^\circ \pm 0,4^\circ P = 31,52 \pm 0,28 \text{ Tagen}; \\ t_0 = 1914, \text{ Juni } 25,38 \pm 0,42 \text{ Tage M. Gr. Z.} \\ k = 0,99. \text{ (Eine Konstante, umgekehrt proportional der Feldstärke.)}$$

Im Jahre 1916 wurden weitere 479 Spektrogramme aufgenommen und ausgewertet. Die Ergebnisse lagen (1920) noch nicht vollständig vor, sie ergaben aber bereits, daß die Periode von $31,52 \pm 0,28$ Tagen nahezu richtig sein dürfte. Die Differenz der 26 Perioden zwischen den Serien von 1914 und 1916 ergab noch nicht 3 Tage, entsprechend 0,12 Tage auf die Periode, was innerhalb der Fehlergrenzen liegt. Diese äußerst annehmbaren, ermittelten Werte für Neigung und Umlaufzeit der magnetischen Achse sind geeignet, auch einen sonst skeptischen Beurteiler von der Existenz eines allgemeinen magnetischen Feldes der Sonne zu überzeugen. *Äußerst merkwürdig ist der Wert, der sich für die Umlaufzeit der Achse ergibt.* Bekanntlich kann von einer einheitlichen Rotationsdauer der Sonne nicht gesprochen werden; sie ergibt sich verschieden nach der Breite sowie nach der Bestimmungsweise, welch letzterer Umstand wohl darin begründet ist, daß verschiedene Niveaus sondiert werden. Einen Überblick gibt folgende kleine Tabelle von Pringsheim (Kultur der Gegenwart, Bd. Astronomie, S. 32).

Rotationszeit (d) der Sonne, ausgedrückt in mittl. Tagen.

Heliographische Breite	Sonnenflecken	Spektroskopisch	Spektroheliographisch	
			Calcium-focculi	Wasserstoff-focculi
	d	d	d	d
0°	25,0	24,4	25,0	25,2
15°	25,3	25,0	25,2	24,7
30°	26,3	26,0	25,8	24,3
45°		27,6	25,9	24,8
60°		29,7		
75°		31,7		

Anderseits ergibt sich nach Hale (loc. cit. 1919) für das „reversing layer“ 26,4 Tage am Äquator und ungefähr 30,5 Tage unter 45° Breite. Selbst nach diesen letzteren Angaben bleibt die magnetische Achse in ihrem Umlauf um die Rota-

tionsachse bis in Breite von 55° hinter der Bewegung der umkehrenden Schicht zurück.

Die weitere Untersuchung (14) befaßt sich schließlich mit der *Abweichung des Feldes von dem Felde einer gleichmäßig magnetischen Kugel*. Zu diesem Zwecke wurde die Sonnenscheibe in drei Gebiete eingeteilt:

$$\text{I. } \psi > 10^\circ, \text{ II. } +10^\circ > \psi > -10^\circ, \text{ III. } \psi < -10^\circ.$$

Für jedes dieser Gebiete wurde die eben geschilderte Bestimmung von i , P , t_0 und k gesondert durchgeführt mit folgendem Ergebnisse:

$$\begin{array}{llll} \text{Für } 45^\circ \text{ N} > \psi > 10^\circ \text{ N} & i = 4,9^\circ & k = 0,96 \\ 10^\circ \text{ N} > \psi > 10^\circ \text{ S} & = 3,5^\circ & = 0,52 \\ 10^\circ \text{ S} > \psi > 45^\circ \text{ S} & = 3,7^\circ & = 0,96. \\ P = 31,52 \pm 0,28 \text{ Tage} \\ t_0 = 1914 \text{ Juni } 25,38 \pm 0,42 \text{ Tage M. Gr. Z.} \end{array}$$

Die Unsicherheit der Bestimmung von i beträgt 0,7°, die für k 1–2 Einheiten der 2. Dezimale. Während Neigung der Achse, Periode und Epoche für alle drei Gebiete genügend übereinstimmen, zeigen die berechneten polaren Feldstärken (umgekehrt proportional k) Unterschiede, die weit größer sind als die Unsicherheit der Rechnung. Daher weicht, wie das Erdfeld, auch das magnetische Feld der Sonne unzweifelhaft ab von dem Felde einer gleichmäßig magnetisierten Kugel.

III. Die Polarität der Sonnenflecke.

Die nach einem im Dezember 1912 eingetretenen Minimum wieder zunehmende Häufigkeit der Sonnenflecke ermöglicht in einer neuen Versuchsreihe eingehenderes Studium ihrer magnetischen Kraftfelder. Zur Verwendung kamen die unter II. beschriebenen instrumentellen Hilfsmittel, ergänzt durch eine der aus Streifen zusammengesetzten $\frac{\lambda}{4}$ -Platte analogen $\frac{\lambda}{2}$ -Platte. Das Sonnenbild von 43 cm Durchmesser wurde täglich auf einem Bogen Papier entworfen und sorgfältig alle Stellen skizziert, die auch nur Spuren von Flekentätigkeit verrieten. An Hand dieser Skizzen wurden diese Stellen sukzessive mit dem Spalt zur Deckung gebracht, auf Zeemaneffekt untersucht und so täglich ein topographisches Blatt dieser Magnetfelder hergestellt, wobei deren innere Struktur über größere Flecken ebenfalls festgestellt wurde. Angesichts der außerordentlich großen Zahl täglicher Einstellungen konnten Beobachtung und Messung nur visuell (durch Hale) durchgeführt werden. Eingeschaltete photographische Aufnahmen dienten zur Kontrolle.

Ein Teil dieser Untersuchung bezweckte die Feststellung der Neigung, unter welcher die Kraftlinien aus dem Gebiet eines größeren Fleckens oder einer Fleckengruppe austreten. In bezug auf die Einzelheiten der Methode, in welcher die $\frac{\lambda}{4}$ - und $\frac{\lambda}{2}$ -Glimmerplatten sinnreich zur

Anwendung kamen, und die Möglichkeit, den gewaltigen Spektrographen samt Spalt um die Vertikale drehen zu können, voll ausgenutzt wurde, muß auf die Originalabhandlung verwiesen werden. Es ergab sich, daß die Neigung der Kraftlinien eines Fleckes in der Nord-Süd-Ebene durch seinen Mittelpunkt dieselbe ist, wie in der Ost-West-Ebene, mit dem Abstand von der Achse zunehmend. Der wichtigste Teil der Untersuchung, mit höchst unerwartetem Ergebnisse, befaßt sich mit der „Polarität“ der Flecke.

In der ersten, unter I. behandelten Versuchsreihe konzentrierte sich die Aufmerksamkeit auf einige der größten Flecke, um die Existenz eines magnetischen Feldes sicherzustellen; solche Flecken lagen sowohl in der Nord- wie Südhemisphäre der Sonne. Einige Fälle schienen die scheinbar naheliegende Vermutung zu bestätigen, daß der Drehsinn der Flecke durch dasselbe Gesetz geregelt wird, wie der Drehsinn der Cyklonen der Erdatmosphäre, von oben betrachtet links herum nördlich, entgegengesetzt südlich des Äquators. Ich habe bereits vor längerer Zeit darauf hingewiesen (16), daß dieser Schluß nicht berechtigt ist. Der Drehsinn in der Erdatmosphäre wird bestimmt durch die Coriolissche Zusatzkraft der Relativbewegung (die sogenannte ablenkende Kraft der Erdrotation). Diese ist auf der Sonne infolge ihrer 28mal größeren Rotationsdauer *ceteris paribus* 28mal kleiner, so daß ihr Einfluß

Sonneninnern Wirbel bilden, die nach der Photosphäre hin sich entwickeln, um schließlich hier als Flecke in Erscheinung treten zu können.) Diese Tendenz, stets paarweise aufzutreten, ist so groß, daß kaum 10 % aller Flecke frei von ihr ist.

In bezug auf die magnetische Polarität der beiden Komponenten ergab sich nun ein merkwürdiges Gesetz. Wie oben erläutert, lassen einzelne Streifen der $\frac{\lambda}{4}$ -Glimmerplatte bei normalem Zeemaneffekt abwechselnd die rote oder violette Komponente durch. In dem Maße, wie Sehlinie und magnetische Achse einen größeren Winkel einschließen, tritt infolge elliptischer Polarisierung auch die andere Komponente auf, aber in verminderter Intensität. Halten wir uns stets an den gleichen Streifen, so können wir die Flecke einteilen in rote und violette Flecke. (Damit ist vorderhand nur ein experimentell feststellbares Unterscheidungszeichen gegeben; die Polarität hängt ab von der kristallographischen Orientierung des ausgewählten Streifens und ist selbst bedingt durch Drehsinn und Vorzeichen der Ladung.) Nun zeigte sich während der letzten Fleckenperiode, Juni 1908 bis Dezember 1912, in der Nordhemisphäre der *vorangehende* Fleck *violett*, der *nachfolgende* *rot*; und in der Südhemisphäre umgekehrt. Dies Verhalten bezeichnen wir als regulär und geben in der folgenden Tabelle einen zahlenmäßigen Überblick.

	Regulär			Irregulär			Breite	Mittlere Breite
	N	S	Total	N	S	Total		
Letzte Periode Juni 1908—Dezember 1911	7	17	24	0	2	2	18°—3°	9°

durch andere Ursachen verdeckt werden kann. Tatsächlich wurden bald Flecke beobachtet mit entgegengesetztem Drehsinn, nicht nur innerhalb derselben Hemisphäre, sondern auch innerhalb derselben Fleckengruppe. Bei fortgesetzter Beobachtung aber ergab sich in vollständiger Übereinstimmung mit den von Cortie (17) in visueller Beobachtung von mehr als 3500 Flecken erhaltenen Ergebnissen:

Die Flecke treten in überwiegender Mehrzahl paarweise auf; die beiden Komponenten stehen einige Grade getrennt, ihre Verbindungslinie macht einen kleinen Winkel mit dem Äquator, der von etwa 3,7° in 0—4° Breite bis etwa 10,8° in 30—34° Breite zunimmt. Der westliche, also vorangehende Fleck erscheint in der Regel zuerst; früher oder später erscheint auch der zweite, zugehörige Fleck meist etwas kleiner. Der eine oder andere der beiden Flecke kann in einige kleinere Flecke aufgeteilt sein. Er kann auch scheinbar fehlen; aber an seinem Orte treten Calcium- oder Wasserstoffflocculi auf, besondere Sonnentätigkeit an dieser Stelle anzeigend. (Ich habe [loc. cit.] dargetan, daß durch Aufrollen von Diskontinuitätsflächen sich im

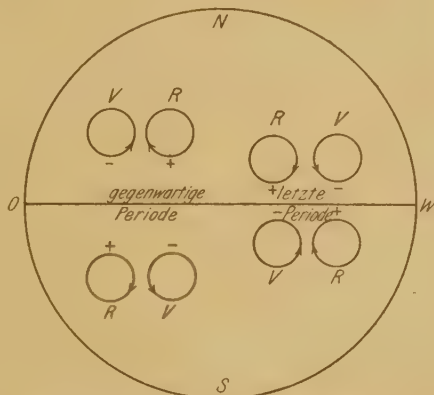


Fig. 5. Zusammenfassende Darstellung der Untersuchung der Polarität der Flecken während der letzten und gegenwärtigen Fleckenperiode. Die Bezeichnungen R u. V zeigen, ob der ausgewählte Streifen der $\frac{\lambda}{4}$ -Platte alle rote oder violette Dublett Komponente durchläßt; die Pfeile zeigen den Rotationssinn der Flecke, negativ umlaufende Elektrizitätsmengen vorausgesetzt, und die Zeichen + u. — geben an, ob der Fleck den magnetischen Nord- oder Südpol der Erde zukehrt. Einzelne, unipolare Flecke haben dieselbe Polarität wie die vorausgehende (westliche) Komponente einer bipolaren Gruppe derselben Hemisphäre.

Als nun nach Ablauf dieser Periode Flecken in zunehmender Häufigkeit auftraten, zeigten die beiden Komponenten einer Fleckengruppe gerade entgegengesetztes Verhalten. (Sorgfältige Kontrolle zeigte, daß Irrtum ausgeschlossen war.) Bezeichnen wir *jetzt* als regulär, wenn in der Nordhemisphäre der *vorangehende* Fleck *rot* und der *nachfolgende violett* ist, und in der Südhemisphäre umgekehrt, so ergeben sich folgende Zahlen:

	Regulär			Irregulär			Breite		Mittlere Breite
	N	S	Total	N	S	Total			
1913/1914	18	14	32	1	1	2	34°—13°		22°
1915	73	68	141	2	0	2	29°—2°		19°
1916	166	120	286	7	7	14	37°—4°		17°
1917	221	193	414	8	6	14	30°—1°		14°
Unbestimmt									
	N	S	Total						
1918	171	187	358	8	8	16	11	9	20
1919	120	152	272	2	3	5	11	7	18

Ein gelegentlich auftretender, unipolarer Fleck verhält sich wie der vorangehende Teil eines regelmäßigen, bipolaren Fleckes. Somit ergab sich folgender merkwürdige Tatbestand:

- „für das letzte Minimum war die Polarität eines unipolaren Fleckes und des vorangehenden Teiles eines bipolaren Fleckes auf der Nordhemisphäre violett, auf der Südhemisphäre rot;
- seit dem Minimum haben sich diese Verhältnisse umgekehrt“.

In der ersten Untersuchung über magnetische Kraftfelder wurde die umlaufende elektrische Ladung negativ befunden unter der Voraussetzung, daß der Drehsinn des Fleckes übereinstimmt mit dem Drehsinn, den die Wasserstoffflocculi über dem Fleck im Spektroheliographen anzeigen. Unter dieser Voraussetzung und die optische Orientierung des ausgewählten Plattenstreifens berücksichtigend, ist Fig. 5 gezeichnet, welche die ermittelten Gesetzmäßigkeiten übersichtlich zusammenfaßt.

Weitere Beobachtungsreihen haben aber gezeigt, daß diese Schlußweise unsicher ist. Die Wasserstoffwirbel zeigten beim Durchgang durch das Minimum keine Umkehr und in der gegenwärtigen Fleckenperiode wurden sowohl rechts wie links umlaufende Wasserstoffwirbel über Flecken gleicher Polarität angetroffen. Diese Verhältnisse erfordern weiteres Studium. Immerhin steht die Annahme umlaufender *negativer* Elektrizitätsmengen, Elektronen, im Einklang mit unserem auf anderen physikalischen Gebieten erwachsenen Gefühle. Aber wie die Umkehr der Rotationsrichtungen durch das Minimum hindurch erklären? Da die zu Beginn einer neuen Periode auftretenden Flecke in höheren Breiten

einsetzen, um sich dann immer mehr dem Äquator zu nähern, um in dessen Nähe zu erlöschen, könnte man versuchen, verschiedenen Drehsinn verschiedener Breite zuzuordnen. Ein Blick auf die zwei Tabellen zeigt, daß dies nicht angeht. Und weiter: Wird nach Ablauf dieser Periode wieder ein Wechsel der Vorzeichen eintreten?, wobei sich die beiden Möglichkeiten bieten, daß der Drehsinn bis zum Ablauf der Periode unverändert bleibt, um dann umzuschlagen, oder daß er

schon nach Überschreitung des Maximums sich ändert, so daß die Fig. 5 die Art des Durchgangs durch jedes Minimum hindurch anzeigt. Für diese letztere Annahme bietet die Tabelle II noch keine Anhaltspunkte. Der verschiedene Drehsinn der beiden Teilwirbel läßt sich, wie ich an anderer Stelle ausführen werde, mit der (*loc. cit.*) von mir entwickelten Fleckentheorie, welche auf das Aufrollen von Diskontinuitätsflächen im Sonneninnern zurückgeht, unschwer in Einklang bringen. Der Drehsinn des ersten, in höheren Breiten neu auftretenden Fleckes kann auslösend, gleichsam ansteckend wirkend, die Art des Aufrollens und damit der Drehsinn der späteren Flecke durch die ganze Periode hindurch gleichsinnig erhalten; das Vorzeichen selbst kann durch Zufälligkeiten beim Auftreten der ersten Flecke bedingt sein. Nur Beobachtung weiterer Perioden kann dartun, ob der erstmalig beobachtete Wechsel Gesetz ist.

Nachdem wir die Bedeutung des Zeemaneffektes für die Sonnenforschung dargelegt haben, dürfte es angezeigt sein, auch seinen Zwillingsbruder, den Starkeffekt, mit einigen Worten zu erwähnen. Nehmen wir auf der Sonne getrennte elektrische Ladungen an, so haben wir mit elektrischen Feldern und infolgedessen mit Starkereffekt zu rechnen. Dabei haben wir wieder zwei Arten von Feldern auseinanderzuhalten: die Felder der Flecke, in welchen die elektrischen Kraftlinien parallel der Sonnenoberfläche liegen, und das allgemeine Feld der Sonne, in welchem sie radial verlaufen. Die experimentelle Trennung von Zeeman- und Starkeffekt wird durch Untersuchung des Polarisationszustandes der aufgespaltenen Linien ermöglicht. Die Untersuchung des allgemeinen Feldes wurde von *Hale* (17) mit den

oben geschilderten Hilfsmitteln in Angriff genommen. Die Messungen ergaben durch Beobachtung der H_α -Linien Feldstärken an der Photosphäre, die 150 Volt/cm nicht überschritten; für die H_β ergaben sich als obere Grenze 100 Volt/cm. Mit wesentlich geringerer Dispersion (10 Å = 1 mm) konnten *Salet* und *Millockau* (18) an den H_β - und H_γ -Linien keinerlei Starkeffekt beobachten, woraus als obere Grenze 7000 Volt/cm folgen würde. Das elektrische Feld der Sonne dürfte also etwa von derselben Größenordnung sein, wie das Erdfeld, das unter normalen Umständen 1 Volt/cm beträgt, gelegentlich aber zu außerordentlichen Beträgen ansteigen kann. Zwischen beiden Feldern besteht aber ein wesentlicher Unterschied; in Richtung des wachsenden Radius finden wir in der Erdatmosphäre negatives, über der Photosphäre aber positives Potentialgefälle. Der Unterschied ist wohl darin begründet, daß für die Erde die Strahlungsquelle außen, für die Sonnenatmosphäre aber innen liegt.

Der exakte Nachweis magnetischer Felder auf der Sonne ist wohl nur eine Stufe zu höherer Erkenntnis. Das allgemeine Magnetfeld der Sonne erweist sich nach Größe und Orientierung als vollständiges Seitenstück zum Magnetfeld der Erde. Es nimmt diesem seine Ausnahmestellung und zwingt wohl zu dem Schlusse, als Ursache beider Felder die Rotation hinreichend großer Massen anzunehmen, wobei naheliegend auf die Kreiselwirkung Ampèrescher Moleküle zurückgegangen werden kann. Die Magnetfelder der Flecke und ihr Zeemaneffekt beweisen das Vorhandensein freier elektrischer Ladungen, die Ionisation der Sonnengase und das Vorhandensein von Elektronen, die nach neueren Anschauungen die Nordlichter und magnetischen Störungen verursachen. In diesen Auswurfsprodukten, nicht in ausgesandten Kraftlinien ist das Band zu suchen, das elektromagnetische Vorgänge auf Erde und Sonne verbindet. Weiter scheinen einige Beobachtungen darauf hinzudeuten, daß diese Sendlinge der Sonne die Reise nach der Erde in rund 40 Stunden zurücklegen, also mit etwa $\frac{1}{300}$ Lichtgeschwindigkeit. Überträgt man auf diesen Vorgang die Gesetze des lichtelektrischen Effektes, so ergibt sich für die Sonne ein Ausgangspotential von 3 Volt, also ein Ausgangspotential von derselben Größenordnung, wie sie auch bei Laboratoriumsexperimenten beobachtet werden, wobei in Betracht kommt, daß hierfür nicht die Intensität, sondern die Wellenlänge des Lichtes maßgebend ist. Mit Ionisationsvorgängen wird man weiter nicht nur auf der Sonne zu rechnen haben, sondern voraussichtlich überall, wo leuchtende Gasmassen beobachtet werden. Und werden diese und damit die geschiedenen Elektrizitätsmengen durcheinander gewirbelt, wie etwa bei den gewaltigen Bewegungsvorgängen, welche das Aufleuchten eines neuen Sternes unzweifelhaft begleiten, so werden magnetische Felder und Zeemaneffekt zu erwarten sein, die zur

Erklärung sonst rätselhafter Linienverbreiterung und -verdoppelung Anlaß geben können. Hier öffnet sich der experimentellen Untersuchung ein weites Feld. Die in fernen Gegenden des Weltraums leuchtenden Gebilde geben uns Kunde von ihrem Vorhandensein und ihren Eigenschaften nur durch Lichtzeichen; zu der Enträtselung dieser Schrift beizutragen, ist in erster Linie der Zeemaneffekt mit berufen.

Literatur.

¹⁾ *Walter M. Mitchell*, Reversals in the Spectra of Sun-Spots, *Astrophysical Journal* XIX, 357, 1904.

²⁾ *G. Hale*, Solar Research at the Yerkes Observatory, *Astrophysical Journal* XVI, 211, 1902.

³⁾ *G. Hale*, The Tower Telescope of the Mount Wilson Solar Observatory, Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory Nr. 23, 1908.

⁴⁾ *G. Hale*, On the probable existence of a Magnetic Field in Sun-Spots, *Astrophysical Journal* XXVIII, 315, 1908.

⁵⁾ Außer der unter 4 genannten Hauptarbeit: *A. S. King*, On the Separation in the magnetic field of some Lines occurring as Doublets and Triplets in Sun-Spot spectra, *Astroph. Journal* XXIX, 76, Jan. 1909. Ferner: Sonnenobservatorium der Carnegie Institution of Washington, Jährliche Berichte des Direktors für 1908—1909.

⁶⁾ *P. Zeeman*, *Nature*, August 1908.

⁷⁾ *Einstein u. de Haas*, Experimenteller Nachweis der Ampèreschen Molekularströme, *Verhandl. d. Physik. Gesellschaft* XVII, 152, 1919, auch *Die Naturwissenschaften* III, 237, 1915. — *S. J. Barnett*, Magnetisation by rotation, *Physic. Rev.* VI, 239, 1915.

⁸⁾ *G. Hale*, Preliminary results of an attempt to detect the general magnetic field of the sun, *Astrophys. Journal* XXXVIII, 27, 1913.

⁹⁾ *F. H. Seares*, The displacement-curve of the sun's general magnetic field, *Astrophys. Journal* XXXVIII, 99, 1913.

¹⁰⁾ *G. Hale*, The general magnetic field of the sun, *Astrophys. Journal* XLVII, 1918.

Vgl. auch die jährlichen Berichte des Direktors des Mount-Wilson-Sonnenobservatoriums für 1913/1914.

¹¹⁾ *St. John*, *Astrophysic. Journal* XXXVII, S. 322, 1913, XXXVIII, S. 341, 1913, XL, S. 356, 1914.

¹²⁾ *M. N. Saha*, Ionisation in the Solar Chromosphere, *Philosoph. Magazine* XL, 474, 1920; *Elements in the Sun*, *Philosoph. Magazine* XL, 809, 1920.

¹³⁾ *Mitchell*, *Astrophysic. Journal* XXXVIII, S. 407, 1913.

¹⁴⁾ *F. H. Seares, A. van Maanen* and *F. Ellermann*, The location of the sun's magnetic axis, *Proceedings of the National Academy of Sciences* IV, 4—9, 1918.

¹⁵⁾ *G. P. Hale, F. Ellermann, S. B. Nicholson* and *A. H. Joy*, The magnetic polarity of the sun-spots, Siehe auch die Berichte des Direktors des Mount-Wilson-Observatoriums für die Jahre 1919/1920.

¹⁶⁾ *R. Emden*, Beiträge zur Sonnentheorie, Sitzungsberichte der Bayer. Akademie d. Wissenschaften, Math.-Phys. Klasse, Bd. XXXI, S. 339, 1901. Auch „Gaskugeln“ Kap. 18, § 36.

¹⁷⁾ *G. E. Hale* and *H. D. Babcock*, An attempt to measure the free electricity in the sun's atmosphere, *Proceedings of the National Academy of Sciences* I, 123, 1915.

¹⁸⁾ *Salet u. Millockau*, Sur le spectre de la chromosphère, *Comptes rendues* CLVIII, 1000, 1914.

Über den anomalen Zeemaneffekt.

Von A. Landé, Frankfurt a. M.

A. Sommerfeld¹⁾ und E. Back²⁾ haben in dieser Zeitschrift eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten aufgedeckt, welche die komplizierten Aufspaltungstypen von Spektrallinien im magnetischen Feld beherrschen. Ich möchte nun über eine Untersuchung³⁾ berichten, welche zunächst aus den empirischen Bildern der zerspaltenen Spektrallinien auf die Zerspaltung der Spektraltermine schließt und in den Term-aufspaltungen eine Gesetzmäßigkeit findet, die außerordentlich viel einfacher ist als etwa die von

pletts von ihrer π -Komponente bei der betreffenden Feldstärke haben würden.

$$(a = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^{-1} \text{ Gauß}^{-1})$$

Auf dieselbe Einheit wollen wir auch die Aufspaltungsgrößen der Terme beziehen. Die Term-zerspaltungen können nun mit ebensolcher Sicherheit aus den Aufspaltungslinien analysiert werden, wie in üblicher Weise die gewöhnlichen Serienterme aus den Spektrallinien. Das Ergebnis ist in der folgenden Tab. 1 der Aufspaltungsgrößen (mit a als Einheit) für die einzelnen Terme zusammengestellt. (Tabelle 1 stellt die endgültige Fassung der von Lohnizen aufgestellten Termzerspaltungstabellen dar.)

Tabelle 1.

Dubletterme								Tripletterme										
	$-5/2$	$-3/2$	$-1/2$	$1/2$	$3/2$	$5/2$	$m \diagdown k$	n		-3	-2	-1	0	1	2	3	$m \diagdown k$	n
g			$-1/1$	$1/1$			1	1	s			$-2/1$	0	$2/1$			1	1
p_1		$-6/3$	$-2/3$	$2/3$	$6/3$		2	2	p_1		$-6/2$	$-3/2$	0	$3/2$	$6/2$		2	2
p_2			$-1/3$	$1/3$			1	2	p_2			$-3/2$	0	$3/2$			1	2
									p_3				0				0	2
d_1	$-15/5$	$-9/5$	$-3/5$	$3/5$	$9/5$	$15/5$	3	3	d_1	$-12/3$	$-8/3$	$-4/3$	0	$4/3$	$8/3$	$12/3$	3	3
d_2		$-6/5$	$-2/5$	$2/5$	$6/5$		2	3	d_2		$-14/6$	$-7/6$	0	$7/6$	$14/6$		2	3
									d_3			$-1/2$	0	$1/2$			1	3

Back bei den Linien gefundene, und die schließlich zu einer quantentheoretischen Deutung der Erscheinungen hinleitet. Man kann danach für jede Parallel- (π -) Komponente und jede Senkrecht- (σ -) Komponente angeben, daß sie dem Übergang des Atoms aus einem bestimmten Quantenzustand, bei bestimmter Neigung der invariablen Atomachse gegen die Feldrichtung, in einen andern Quantenzustand mit anderer bestimmter Neigung ihre Entstehung verdankt. Gleichzeitig wird auch die relative Intensität der π - und σ -Komponenten innerhalb eines Zeemantyps auf Grund einer einfachen Regel beherrscht, welche nach dem Korrespondenzprinzip vorausszusehen ist. Schließlich zeigt sich ein enger Zusammenhang des anomalen Zeemaneffekts mit anomalen Ergebnissen, die dem optischen Gebiet scheinbar fern liegen, nämlich den magnetomechanischen Effekten von Barnett und von Einstein-de Haas nach den Versuchen von E. Beck, welche eine scheinbare Verdoppelung von ϵ/μ zeigen.

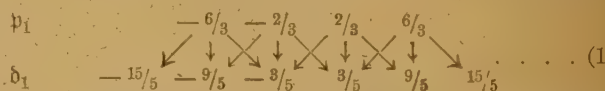
§ 1: Das Kombinationsprinzip beim anomalen Zeemaneffekt.

Um die Entfernung einer Aufspaltungskomponente von der Lage der unzerspaltenen Spektrallinie (in Wellenzahlen gemessen) anzugeben, benutzt man als Einheit die Entfernung a , welche die beiden σ -Komponenten eines normalen Tri-

Eine ähnliche Tabelle findet sich für die vielen Terme des von Paschen entwirrten Neon-Spektrums. Die Bedeutung der beigegebenen Zahlen m, n, k wird unten erläutert.

Aus diesen Term-aufspaltungen werden nun die Aufspaltungsbilder der Linien in folgender Weise kombiniert: Es handle sich etwa um eine Linie der Serie (p_1, d_1). Man schreibt [siehe das Schema (1)] die Term-aufspaltungsreihen der beteiligten Terme untereinander, und zwar so, daß Glieder mit gleichen m (vgl. oberste Zeile der Tab. 1) senkrecht untereinander stehen. Dann verbinde man je zwei Terme, deren m sich um 0 oder ± 1 unterscheiden, miteinander durch Pfeile, welche angeben, daß die betreffenden Aufspaltungsterme miteinander kombiniert werden sollen. Ihre Differenz bestimmt die Entfernung der kombinierten π - oder σ -Komponente vom Ort der unzerspaltenen Spektrallinie. Gleichzeitig mit dieser Auswahl ist auch die Polarisation bestimmt nach folgender Regel:

- A. Es werden nur die Aufspaltungsterme kombiniert, deren m sich um 0 oder um ± 1 unterscheiden. Im ersteren Falle [senkrechte Pfeile in dem Schema (1)] entstehen π -Komponenten, im letzteren Falle [schräge Pfeile] σ -Komponenten.



In dem angeführten Beispiel der Serienlinien ($p_1 d_1$) erhält man also

¹⁾ A. Sommerfeld, „Die Naturw.“ 1920, Heft 4.

²⁾ E. Back, „Die Naturw.“ 1921, Heft 12 und 29.

³⁾ A. Landé, Zs. f. Phys. Bd. 5, S. 231, 1921, als Teil I. Teil II erscheint demnächst. Ferner Phys. Zs. Bd. 22, S. 417, 1921.

π -Komponenten bei $\pm [^{6/3} - ^{9/5}]$, $\pm [^{2/3} - ^{3/5}]$
 σ -Komponenten bei $\pm [^{6/3} - ^{15/5}]$, $\pm [^{2/3} - ^{9/5}]$
 $\pm [-^{2/3} - ^{3/5}]$, $\pm [-^{6/3} + ^{3/5}]$
 im ganzen also folgenden Aufspaltungstyp:
 $-21, -19, -17, -15, (-3) (-1) (1) (3), 15, 17, 19, 21$
 15

(Die π -Komponenten sind eingeklammert.)

Ebenso kann man sich auch sämtliche übrigen Aufspaltungstypen aus Tab. 1 nach dem Muster des Schema (1) selbst rekonstruieren. [Der Zeemantyp von (§ p₂), Na — D₁-Linie, ist z. B.

$$\begin{array}{c} -4, (-2) (2) 4 \\ 3 \end{array}$$

Die rechts in Tab. 1 zu jedem Term angeschriebene Zahl k gibt an, in wieviele positive (die 0 nicht mitgerechnet) Aufspaltungsglieder der Term im Magnetfeld zerspalten wird.

Wir können nun auch die allgemeine Regel angeben, nach der die relativen Intensitäten der π - und σ -Komponenten innerhalb eines Zeemantyps sich richten:

B. Bei der Kombination zweier Terme mit verschiedenen k sind diejenigen π -Komponenten die stärksten, welche durch senkrechte Übergangspfeile in der Mitte des Schemas (1) dargestellt sind, diejenigen σ -Komponenten sind die stärksten, welche durch schräge Pfeile am rechten und linken Rande des Übergangsschemas dargestellt sind.

Bei der Kombination zweier Terme mit gleichen k ist das Wort „stärksten“ durch „schwächsten“ zu ersetzen, speziell haben dann π -Komponenten in der Bildmitte sogar die Intensität 0.

§ 2. Reduzierung der Aufspaltungsreihen auf Grundfaktoren und deren Gesetzmäßigkeiten.

Die Tab. 1 stellt das empirische Material der Term aufspaltungen dar, in welchem Gesetzmäßigkeiten zu finden jetzt nicht schwer ist. Bezeichnet man die Aufspaltungsgrößen der Tab. 1 mit e , so sieht man, daß sie Vielfache eines für den Term charakteristischen Grundfaktors g sind, aus dem durch Multiplikation mit den Zahlen m die Einzelwerte e entstehen nach der Formel:

$$e = m \cdot g, \quad m \leq k \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\left[\begin{array}{l} m = \pm 1/2, \pm 3/2, \dots \pm \frac{2k-1}{2} \text{ bei den Dubletts} \\ m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots, \pm k \quad \quad \quad \text{„ „ Tripletts} \end{array} \right]$$

Dadurch reduziert sich die Tab. 1 auf folgende kleinere Tab. 2 für die Grundfaktoren g :

Beigefügt sind zu jedem Term die für ihn charakteristische Zahl k , welche wegen $m \leq k$ die Anzahl der Aufspaltungsglieder e beschränkt, und die Zahl n , welche den Termcharakter festlegt (die s -Terme haben $n=1$, die p -Terme haben $n=2$, die d -Terme $n=3$ usw.) und für welche die Serienkombinationsregel gilt (ohne Magnetfeld):

C. Es werden nur die Terme kombiniert, deren n sich um ± 1 unterscheiden.

(Diese Regel gibt das Serienschema: Hauptserie, 1. Nebenserie usw.) Die Zahl k hat nun, außer ihrer Bedeutung für die Anzahl der magnetischen Aufspaltungsterme ($m \leq k$) noch folgende Bedeutung: Sie findet sich identisch mit der von Sommerfeld eingeführten „inneren“ Quantenzahl jedes Terms, welche die Auswahl der sog. „vollständigen“ Dubletts und Tripletts bestimmt durch die Auswahlregel:

D. Es werden nur die Terme miteinander kombiniert, deren k sich um 0 oder ± 1 unterscheiden.

D'. Speziell sind Übergänge $k=0$ in $k'=0$ verboten.

Z. B. gibt es nach Tab. 2 wegen (D) wohl die Kombinationen

$$(p_1 d_1), (p_2 d_2), (p_1 d_2), \text{ aber nicht } (p_2 d_1).$$

Nachdem die Tab. 1 der Aufspaltungsgrößen auf die Tab. 2 der Grundfaktoren g reduziert ist [alle Zeemantypen können also jetzt mit Hilfe der einen Tabelle 2 auf Grund der Auswahl- und Polarisationsregel A und (2) konstruiert werden], bleibt noch übrig, auch noch die g selbst auf eine einfache Formel zu bringen, die für jeden durch k und n festgelegten (unzerspaltenen) Term seinen magnetischen Aufspaltungsfaktor g berechnen läßt. Bei den Dublettlinientermen sieht man aus Tab. 2 sofort, daß g durch die einfache Formel dargestellt wird:

$$g = k : (n - 1/2) \text{ bei den Dublettermen.} \dots (3)$$

Bei den Einfachlinientermen, die untereinander kombiniert zum normalen Zeemantriplett führen, ist in normaler Weise

$$g = 1 \text{ bei Einfachlinientermen} \dots \dots (3')$$

während die Bestimmungsgleichung für g bei den Triplettermen und bei denen des Neonspektrums etwas verwickelteren, aber ebenfalls gesetzmäßigen Bau zeigt.

Damit sind die empirischen Gesetzmäßigkeiten, die den Bau der anomalen Zeemantypen beherrschen, erschöpft. Die große Vereinfachung, die durch die Analyse der Aufspaltungsterme gewonnen ist, im Vergleich zu den von Back l. c.

Tabelle 2.

	Dublettterme					Tripletterme						
	g	p_1	p_2	d_1	d_2	s	p_1	p_2	p_3	d_1	d_2	d_3
g	$2/1$	$4/3$	$2/3$	$6/5$	$4/5$	$2/1$	$3/2$	$3/2$	$0/1$	$4/3$	$7/6$	$1/2$
k	1	2	1	3	2	1	2	1	0	3	2	1
n	1	2	2	3	3	1	2	2	2	3	3	3

behandelten Gesetzmäßigkeiten der sichtbaren Aufspaltungslinien ist augenfällig, besonders da hier auch noch die *Intensitäten* durch die Regel B mit beherrscht werden.

Überdies können auch die Zeemantypen neuer Kombinationsserien mit Einschluß der Intensitäten nach dem Muster des Schemas (1) vorausgesagt werden. In der Tat haben *Paschen* und *Back*, wie ich höre, bei neu von ihnen entdeckten Kombinationslinien gerade die nach Schema 1 zu erwartenden neuartigen Zeemantypen gefunden.

§ 3: Quantentheoretische Deutung.

Theoretisch erhebt sich nun die Frage, woher die anomalen Termzerspaltungen (gebrochene Werte des Grundfaktoren g an Stelle von $g=1$ bei den Einfachtermen) ihren Ursprung haben und weshalb die Auswahlregeln A, C, D und die Intensitätsregel B gilt. Einen Teil der Antwort gibt die Quantentheorie, speziell *Bohrs* Deutung der Spektraltermen als Energieniveaus. Die Zerspaltung eines Terms zeigt an, daß ein und derselbe Atomzustand verschiedene Zusatzenergien im Magnetfeld erhalten kann, entsprechend dem Winkel Θ , welchen die invariable Atomachse mit der Feldrichtung bildet. Durch das Magnetfeld wird nämlich die Achse des Atoms, welche ohne Feld im Raum nach einer festen Richtung zeigt, zu einer Präzessionsbewegung um die Feldrichtung gezwungen, derart, daß dabei der Winkel Θ dauernd derselbe bleibt. Die Winkelgeschwindigkeit dieser Präzession ist dabei nach einem von *Larmor* bewiesenen Satze gleich

$$\omega = \frac{e}{2\mu c} H \dots \dots \dots (4)$$

[e und μ = Elektronenladung und -masse
 c = Lichtgeschwindigkeit, H = Feldstärke]

und die zugehörige magnetische Zusatzenergie ist

$$E = g m \omega h / 2 \pi \quad (\text{mit } g=1), \dots \dots (5)$$

worin m die *äquatoriale Quantenzahl* bedeutet, welche man durch Multiplikation mit $\cos \Theta$ aus der gesamten azimutalen Impulsquantenzahl des Atoms erhält. Die äquatoriale Quantenzahl m wird nun mit der in Tab. 1 auftretenden Zahl m identifiziert, wodurch sich nach *Bohr* und *Rubiniwicz* die Gültigkeit der Auswahl- und Polarisationsregel A erklärt. Ferner wird die in Tab. 1 auftretende Zahl k , welche wir mit *Sommerfelds* „innerer“ Quantenzahl identisch fanden, aufgefaßt als die *gesamte azimutale Quantenzahl* k des Atoms, so daß die räumliche Orientierung eines Atomzustandes (der sich optisch als Aufspaltungsterm e bemerkbar macht) gegeben ist durch k und m zu:

$$m = k \cos \Theta \dots \dots \dots (6)$$

woraus sich die oben empirisch gefundene (2) Beziehung $m \leq k$ erklärt. Die Auswahlregel D' für k , neben mehreren anderen Einzelheiten der Zeemantypen, legt ebenfalls die Auffassung nahe, daß k die gesamte Drehimpulsquantenzahl sei.

Die schwierigste Frage ist die, warum die Grundfaktoren g nicht wie in (5) $g=1$, sondern im allgemeinen (Tab. 2) *gebrochene Zahlen* sind. Denn auch für beliebig komplizierte Elektronensysteme gelangt man bei Anwendung des Larmorschen Satzes stets zu $g=1$ und damit zum *normalen* Zeemantriplett. Eine Modifikation dieses Satzes ist also keinesfalls zu umgehen. Dasselbe gilt wegen des anomalen Ergebnisses bei den magnetomechanischen Fundamenteffekten von *Barnett* und von *Einstein-de Haas*, welche nach den exakten Versuchen von *E. Back* eine scheinbare *Verdoppelung* des Wertes e/μ zeigen. Aufgabe einer künftigen Theorie ist es, die jedenfalls *nötige* Modifikation in einer speziellen Form auszusprechen, welche den anomalen magnetomechanischen Effekt und den *Paschen-Backeffekt* mitumfaßt.

Besprechungen.

Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. Grundzüge unseres Wissens über den Bau der Zelle und über dessen Beziehung zur Leistung der Zelle. II. Teil, 1. Lieferung. Jena, G. Fischer, 1921. 162 S. u. 68 Abb. Preis M. 25,—.

Die vorliegende Lieferung des Arthur Meyerschen Werkes schließt sich eng an den ersten Band (Besprechung siehe Jahrg. 1920, Heft 45 dieser Zschr.) an, in dem die „ergastischen Einschlüsse“ des Protoplasten und der Bau und die Chemie des Zytoplasmas behandelt werden. Mehr noch als in dem ersten Bande treten die kritischen und theoretischen Kapitel in den Vordergrund, an einzelnen Stellen sind jedoch auch in diesem Teil noch eigene Untersuchungen eingeflochten, so über den Bau des Protoplasten und die Plasmolyse von *Spirogyra crassa*, über die Muskelzellen des Retractor Muskels der großen Tentakel von *Helix pomatia* und die von Dr. *Janisch* angestellten Beobachtungen über die quergestreifte Muskelzelle der Flügelmuskeln von *Bombus terrestris*.

Der erste Abschnitt behandelt die Bewegung des Zytoplasmas. Den älteren Theorien über das Zustandekommen der Bewegungen stellt der Verf. eine eigene neue Hypothese gegenüber. Die „Oberflächen Spannungstheorie“, die heute noch fast unumschränkt herrscht, steht nach seiner Ansicht im Widerspruch damit, daß die Zytoplasmabewegungen durch homogen im Plasma verteilte motorische Energie veranlaßt werden. (Diese Homogenität folgt aus der Tatsache, daß isolierte Zytoplasmastücke Strömungen aufweisen, Pseudopodien bilden können usw.) Den jetzt noch mehr oder weniger aufrechterhaltenen Erklärungsversuchen von *Hofmeister* und *Engelmann* fehlt die Grundlage einer allgemeinen Theorie über den Bau der Protoplasmamaschine. *Arthur Meyers* neue Theorie steht im Einklang mit den Tatsachen und seinen im Band I dargelegten Anschauungen vom Bau des Zytoplasmas. Er erklärt die Bewegungen dadurch, daß sich die ungeordnete Wärmebewegung einer Anzahl von Molekülen einer Plasmaregion in eine geordnete Bewegung umwandelt; bei der Rotation sei in einem großen Bereiche des Zytoplasmas die Richtung aller dem Zytoplasma zu diesem Zwecke zur Verfügung stehenden

Moleküle gleichsinnig parallel geordnet. Von physikalischer Seite ist dieser Hypothese wohl nichts in den Weg zu legen; schon *Helmholtz* äußert sich einmal in seinen Vorlesungen über theoretische Physik (Bd. 6, 1903) über die Möglichkeit einer geordneten Wärmebewegung. Von den physiologischen Tatsachen würde z. B. der Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Zytoplasmabewegung mit der Hypothese in Einklang stehen. Welcher Mittel sich das Zytoplasma bei der Beeinflussung der Bewegungsrichtung der Moleküle bedient, weiß man nicht, doch läßt sich die Beteiligung der Vitüle aus der Vererbbarkeit der Rotationsrichtung in den Zellen der Characeen folgern.

Der zweite Abschnitt handelt über die „Metabolie des Zytoplasmas“. Nicht selten geht das normale Zytoplasma eine metabolische, reversible Veränderung ein, wodurch es homogener und relativ unbewegt wird, dabei aber keine Eigenschaft des normalen Zytoplasmas verliert. Derartiges Zytoplasma bezeichnet Verf. ohne Rücksicht auf die Konsistenz als *metabol* oder, wenn es relativ fest ist, als *metabolisiert*. Die Metabolie des Zytoplasmas kann dadurch zustandekommen, daß nach der einen Seite hin mehr Moleküle der Eiweißstoffe, Kohlehydrate usw. wandern und nachträglich chemische Veränderungen in den gelösten ergastischen Substanzen in beiden Hälften verschiedene Wege gehen und den Unterschied der beiden Hälften verstärken; dabei werden in beiden Hälften stets Vitüle vorhanden bleiben. Würden die Vitüle nur in der einen Hälfte zurückbleiben, so entstünde damit eine ergastische Ausscheidung, wie wir sie z. B. in den Membranen vor uns haben. Die metabolischen Außenschichten des Protoplasmas gehen demnach kontinuierlich in das innere Zytoplasma über. — Der Besprechung der Hautschicht und der Vakuolschicht als Beispiele metabolischen Zytoplasmas sind besondere Abschnitte gewidmet.

Das letzte Kapitel befaßt sich mit den alloplasmatischen Gebilden. Diese charakterisiert der Verf. durch folgende Eigenschaften:

1. Sie entstehen stets aus Organsubstanz der Protoplasten und sind reizbar.
2. Sie vermehren sich niemals durch Teilung, sondern entstehen stets direkt.
3. Sie dienen nur einer bestimmten Leistung.
4. Sie können sich niemals wieder in normale Organsubstanz zurückverwandeln. Wenn das Zytoplasma die alloplasmatischen Gebilde löst, so geschieht das ebenso, als wenn es ergastische Gebilde löst.

Zu den alloplasmatischen Gebilden sind ohne Zweifel zu rechnen: die typischen Zilien und Geißeln, wie sie sich z. B. bei *Volvox* und den Eubakterien finden, die Muskel- und Nervenfibrillen. Als Beispiel unterzieht Verf. die Muskelfibrillen einer besonders eingehenden Betrachtung, die mehr als die Hälfte der vorliegenden Lieferung umfaßt, auf deren Einzelheiten einzugehen jedoch hier leider nicht möglich ist.

Fritz Jürgen Meyer, Braunschweig.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Der proto-australische Mensch. In den *Proceedings of the Royal Academy of Amsterdam* (Bd. XXIII, Nr. 7) berichtet *Eugen Dubois* (The Proto-Australian Man of Wadjak, Java) über einen sehr wichtigen Fund, der allerdings schon eine

Reihe von Jahren zurückliegt. In der Nähe von Wadjak (oder Tjampur darat), dem Vororte des gleichnamigen Distriktes, in dem südlichen Teil der Kediri-ebene, der sich in die Bergkette des Gunung Kidul einschiebt, liegt der Rawa bening (Klare See), der jetzt durch die vulkanische Asche des Kelut und anderer Vulkane allmählich ausgefüllt und zum größten Teil in einen Sumpf verwandelt ist. An einem Abhang des Tales, südlich von Tjerme, etwa 2 km ssw. von Tjampur darat, wurden 1889 menschliche Knochenreste gefunden. Der Fundort ist ein etwa 50 m über der Ebene (etwa 140 m über Meereshöhe) gelegener terrassenartiger Vorsprung. Der Abhang ist aus Kalksteinblöcken und kleineren Stücken gebildet, überragt von einem senkrecht aufstrebenden Kalksteinfelsen. An weniger steilen Stellen bedeckt hier und da ein gelblicher Ton den Kalk, wohl ein Verwitterungsprodukt vulkanischer Aschen. Er ist stellenweise durch Kalkimprägnation verhärtet und hat mit den Kalksteinbrocken eine Breccie gebildet, die vielfach auch Knochenstücke enthält. Andere liegen im lehmigen Ton, der nur oberflächlich von einer Kalkkonkretion bedeckt ist.

Die Zusammensetzung der sehr defekten Stücke, die vom Entdecker, *van Rietschoten*, als Schädel „eines Menschen oder menschenähnlichen Tieres“ angesprochen wurden, ergab in *Dubois'* kundigen Händen einen nicht ganz vollständigen Schädel mit rechtem Unterkieferwinkel und einige Skeletteile einer vom malayischen Typus stark abweichenden Menschenform, die am meisten dem Papuatypus ähnlich zu sein schien.

Im nächsten Jahre machte *Dubois* selbst Ausgrabungen an jener Stelle und fand Teile eines zweiten Schädels mit unverkennbar ähnlichen Merkmalen, der dem heutigen Australier noch mehr gleich als dem „Papua“ (den Ausdruck Papua gebraucht *Dubois* hier offenbar als gleichbedeutend mit Melanesier; das ist unzuweckmäßig, denn der Papua im engeren Sinne besitzt durchaus andere Formen als der deutlich australoide Melanesier). Von diesem zweiten Individuum fanden sich einige Stücke des Schädeldaches, des Ober- und Unterkiefers, 6 lose Zähne aus dem Unterkiefer, einige Stücke anderer Skeletteile und solche von anderen Säugetieren, die noch heute dort vorkommenden Arten anzugehören scheinen. Alle diese Knochen sind in gleicher Weise inkrustiert und fossilisiert, kalt anzufühlen und schwer, das spezifische Gewicht des Unterkieferfragmentes z. B. etwa 40 % höher als bei frischem Knochen. Zum Vergleich erwähnt *Dubois* ein in der gleichen Breccie an der Ostdecke des Gebirges vor dem Eingang einer Höhle gefundenes Skelett, das er für entschieden prähistorisch hält, und das viel weniger stark fossilisiert war. (Seine Ansicht, daß die Rotfärbung der Knochen dieses Skeletts durch Ocker eine Behandlung in skelettiertem Zustand beweise, ist irrig, da die über die Leiche gestreute Farbe sich bekanntlich auch sonst bei Ockerbestattungen auf den Knochen niederschlägt.) Die stark fossilisierten Wadjakskelette müssen nach *Dubois'* Ansicht bedeutend älter sein, wahrscheinlich pleistocän. Zwingend ist dieser Schluß allerdings nicht, denn der Grad der Fossilisation ist stark von den lokalen Verhältnissen abhängig, und wir kennen z. B. aus Amerika stark fossilisierte Knochenreste zusammen mit Tonscherben, also neolithisch. Etwas bessere Anhaltspunkte könnte die chemische Analyse bieten. Offenbar waren die Ufer des äußerst fischreichen Sees seit uralter Zeit bewohnt, und die Annahme des Verfassers, daß die beiden „Protoaustralier“ ebenso wie das später vor jener Höhle

beigesetzte Skelett durch Felsstürze, die dort häufig sind, verschüttet und ihre Knochen dadurch so auffallend stark zertrümmert wurden, hat wohl einige Wahrscheinlichkeit für sich.

Für den näheren Vergleich kommen allein Melanesier, Australier und Tasmanier in Betracht, deren Zusammengehörigkeit bekanntlich durch zahlreiche Merkmale erwiesen ist. Der Neandertalgruppe stehen die Wadjakindividuen in keiner Weise näher, als die genannten heute lebenden Typen. Der Schädel von Wadjak I, der nach dem Vergleich mit Wadjak II weiblich zu sein scheint, ist auffallend groß, wenn auch etwas kleiner als Wadjak II gewesen sein muß, von einer Länge, Breite und Höhe, die auch von männlichen Individuen jener heutigen Gruppe nur selten erreicht wird. In der Vorderansicht erscheint der Schädel dachförmig, mit senkrechten Seitenwänden, wie es beim Australier die Regel ist, doch ist seine Höhe gering im Verhältnis zur Breite. Der Stirnwulst und die knöchernen Brauenbogen sind sehr stark ausgebildet, doch sind die oberen und seitlichen Ränder der Augenhöhlen etwas weniger massiv und gerundet, als beim Australier. Die Stirn ist fliehend, die Augenhöhlen niedrig im Verhältnis zu ihrer Breite, beides bei Wadjak II in noch höherem Grade. Die Nasenbeine ragen wenig vor, der Oberkiefer, insbesondere sein Zahnrand, ist vorgebaut (prognath), das Kinn bleibt hinter dem Zahnrand des Unterkiefers etwas zurück (leichtes Negativkinn). Die Stirn ist nicht nur stark fliehend, sondern auch von geringer Breite. Trotzdem schätzt *Dubois* den Gehirninhalt des Schädels (die Kapazität) auf etwa 1550 ccm, also auffallend groß gegenüber dem des Australiers oder Tasmaniers. Der Grund dafür liegt vermutlich in bedeutender Körpergröße bzw. Körpermasse. Das Verhältnis der Gehirnmenge und Körpergröße findet einen gewissen Ausdruck in dem Verhältnis des Gehirnschädels und Gesichtsschädels, und der englische Anatom *Keith* hat versucht, es in Zahlen zu fassen, indem er die Fläche der Oberkiefergebisses mit dem Schädelinhalt verglich. (Seine „Palatalfläche“ wird durch die Außenränder der Zähne und eine Tangente an die beiden dritten Mahlzähne begrenzt.) Das Verfahren ist nach Ansicht des Referenten nicht einwandfrei, weil hierbei ein Flächenmaß mit einem Hohlmaß in Beziehung gesetzt wird. (Einwandfrei wäre der Vergleich, wenn die Palatalfläche mit dem Quadrat der dritten Wurzel aus der Kapazität, also einer Seitenfläche des Kapazitätswürfels, verglichen würde.) Trotzdem ergibt das Verfahren Anhaltspunkte für das Verhältnis der Gebißstärke und des Gehirnräumens. Die Palatalfläche verhält sich nämlich zur Kapazität bei einem Schimpansen wie 1 : 36,5, beim Schädel von Gibraltar (zur Neandertalgruppe gehörig) wie 1 : 38, bei Wadjak I wie 1 : 44,3, bei einem Tasmanier wie 1 : 36,7, beim Schädel von Combe Capelle (Aurignac) wie 1 : 53 und bei einem heutigen Engländer wie 1 : 56,3. Bei Wadjak II, dessen Gebißfläche noch größer ist, würde die Verhältniszahl noch niedriger sein, als bei Wadjak I.

Die Augenhöhlen übertreffen an niedriger, breiter Form den Durchschnitt der Australier, ebenso ihr Abstand voneinander. Die Nasenwurzel ist tief eingesenkt, wie auch beim Australier (im Gegensatz zur Neandertalgruppe), der Nasenrücken flach, von Seite zu Seite gerundet. Die Nasenöffnung ist breit und niedrig, das Längenbreitenverhältnis übertrifft den Durchschnitt heutiger Australier. Der vordere Nasen-

stachel ist kurz und stumpf. Australische Formen zeigen auch die Ränder der Nasenöffnung, sie sind nicht scharf, sondern gerundet, besonders in der Nähe des Nasenbodens. Der Seitenrand setzt sich in eine bogenförmig nach unten und innen verlaufende kleine Erhebung fort, die eine Zwischenform zwischen den kindlichen Verhältnissen und der sogenannten Affenrinne der Menschenaffen bildet. Der Verfasser bringt diese Erscheinung wohl mit Recht in einen gewissen Zusammenhang mit der kräftigen alveolären Prognathie (Vorstehen des Zahnrandes des Oberkiefers) der beiden Wadjakindividuen. Daß trotzdem die Prognathie des Ganzgesichtes bei Wadjak I nur mäßig ist, mag wohl in seinem weiblichen Geschlecht begründet sein.

Bei beiden Individuen ist der Zahnbogen auffallend breit, besonders wenn man ihn mit der Länge der Zahnreihe einer Seite (Mahlzähne und Vormahlzähne) vergleicht. Ihr Verhältnis geht über das beim Australier hinaus und ähnelt dadurch der Neandertalgruppe. Die Mahlzähne des Oberkiefers bilden einen stärker gekrümmten und weiter ausladenden Bogen als die übrigen Zähne, und sie überragen auch die Mahlzähne des Unterkiefers sehr beträchtlich, eine Anordnung, die *Dubois* bei Australiern öfters zu finden glaubt, und die der Neandertalgruppe zu fehlen scheint. Die Zähne sind groß, werden aber von manchen australischen übertroffen. Ihre Pulpahöhle ist klein, wie beim Australier und überhaupt beim heutigen Menschen, im Gegensatz zur Neandertalrasse. Der Unterkiefer ist stark gebaut, der australischen Form ähnlich.

Die Unterschiede zwischen den Wadjakindividuen und dem Australier erklären sich nach *Dubois* durch ihre kräftigere Entwicklung in einer günstigeren Umgebung und weniger dürftige Lebensverhältnisse. Sie sind eine optimale Form. (*Dubois* nennt diese Rasse *Homo wadjakensis*; das ist unberechtigt, da es sich nicht um eine neue Menschenart im zoologischen Sinne handelt, sondern um eine Rasse des *Homo sapiens*; einwandfrei wäre nur die Bezeichnung als *H. sapiens, specimen wadjakensis*, d. h. Exemplare von Wadjak, oder höchstens *varietas wadjakensis*, Rasse von Wadjak.) Der heutige Australier ist nach *Dubois* ein entarteter Nachkomme der Wadjakrasse, er verhält sich zu ihr ähnlich, wie die Neandertalrasse zu *Homo heidelbergensis*. Ebenso wie der letztere ist der Wadjakmensch mit dem stärksten Unterkiefer ausgestattet, den man von seinem Typus kennt. Der Mittenschnitt durch das Kinn ist an Fläche wohl eben so groß wie bei *Homo heidelbergensis*, obwohl ihm ein Wulst auf der Innenseite fehlt. Auch an anderen Stellen kommt die Stärke des Unterkiefers den stärksten bisher bekanntgewordenen heutiger Menschenrassen gleich. Die Außenfläche des aufsteigenden Astes ist nur etwa 2 cm² kleiner als bei *H. heidelbergensis*.

Auf die interessanten Einzelheiten der Form, die der Verfasser auseinandersetzt, kann hier nicht eingegangen werden. Er kommt zu dem Schlusse, daß der Wadjakmensch und der Neandertalmensch (die Bezeichnung *Homo primigenius* verwirft der Verfasser aus dem unrichtigen Gedanken, daß damit ein Vorfahr des heutigen Menschen gemeint sein müsse) durch verschiedene Lebensweise hervorgerufene Menschentypen seien, Wadjak mehr *carnivor*, Neandertal mehr *vegetarisch*. Wenn schon hier gewisse Zweifel sich regen müssen, so gilt dies in erhöhtem Maße bei seiner Anschauung, daß der Überaugenwulst des Neandertalmenschen durch den Zug der Muskelsehnenhaube bei

seiner vorgebeugten Kopfhaltung entstanden sei, oder die großen Augenhöhlen durch einen vergrößerten Augapfel, der dem Suchen nach vegetabilischer Nahrung diene, während für den Jäger oder Fischer Einzelheiten im Gesichtsfelde weniger wichtig seien! Bei diesen Auseinandersetzungen hat den Verfasser seine sonst so bewährte Fähigkeit, die mechanischen Zusammenhänge morphologischer Erscheinungen zu durchschauen, auf Abwege geführt.

Sehr zu bedauern ist, daß der Verfasser es verschmäht hat, diesen wichtigen Fund, dessen Kenntnis er uns drei Jahrzehnte lang vorenthalten hat, in guten Photogrammen festzulegen. Es ist die gleiche Versäumnis, die ihm auch bei seiner Beschreibung des *Pithecanthropus* zur Last fällt, von dessen Ober-schenkelbein weder Photogramme noch Abgüsse publiziert sind, so daß bei einem etwaigen Zugrundegehen des Originals der Wissenschaft unersetzlicher Schaden entstünde.

Die große Bedeutung des Wadjakfundes liegt einerseits darin, daß hier eine australoide Menschenform außerhalb ihres jetzigen Verbreitungsgebietes gefunden wurde, in einer Gegend, in welcher wir sie nach den Untersuchungen an heutigen Rassen Südasien voraussetzen mußten. Andererseits bestätigt der Fund auch die Ansicht, daß der *Homo sapiens*, wenn überhaupt, so doch sicher nicht in Europa aus einer dem *Homo primigenius* ähnlichen Form hervorgegangen sein kann, denn die Wadjakindividuen sind offenbar primitiver als die frühesten Sapiensformen Europas (*Cro Magnon*, Brunn und Aurignac, Grimaldi, Obercassel und wohl auch Predmost). Es bleibt also nach dem gemeinsamen Vorfahren des *Homo primigenius* und des *Homo sapiens* noch zu suchen.

Mollison.

Das Klima von Deutschland. Seit Jahrzehnten ist der Mangel einer zusammenfassenden Schilderung des Klimas Deutschlands von den Naturwissenschaftlern aller Richtungen (Physikern, Geographen, Biologen, Medizinern), Technikern, Verwaltungsbeamten, Richtern und zahlreichen Vertretern der verschiedenen Zweige des Erwerbslebens lebhaft empfunden worden. Um so dankbarer ist das große Werk des Preussischen Meteorologischen Instituts zu begrüßen, das zum ersten Male, unter Zugrundelegung eines umfangreichen, einheitlich durchgearbeiteten Beobachtungsmaterials, in ausführlichen Tabellen und übersichtlichen Karten eine zuverlässige Darstellung des Klimas innerhalb der alten Grenzen Deutschlands bietet¹⁾.

1. **Lufttemperatur.** Die Beobachtungen von 330 Stationen aus den Jahren 1881 bis 1910 haben zur Konstruktion von Isothermenkarten der einzelnen Monate und des Jahres gedient. Im Winter nimmt die Lufttemperatur im Meeresniveau von Osten nach Westen, im Sommer von Norden nach Süden zu. Um die Reduktion der beobachteten Temperaturen auf das Meeresniveau mit größtmöglicher Genauigkeit auszuführen, hat Professor G. v. Elsner eine besondere Untersuchung angestellt, über welche in dieser Zeitschrift bereits berichtet wurde²⁾. Die Genauigkeit der Iso-

thermenzeichnung ist an den Grenzen Deutschlands ebenso groß wie in dessen Innern, weil auch noch die Beobachtungen in den Nachbargebieten der umliegenden Länder bei der Bearbeitung mit herangezogen wurden. Die Temperaturunterschiede zwischen dem wärmsten und dem kältesten Monat sind durch Linien gleicher Jahresschwankung dargestellt, die ihren höchsten Wert von 22° in Masuren, ihren kleinsten von 14° auf Helgoland erreichen. Ausführliche Tabellen geben für zahlreiche Stationen die Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur, die mittleren täglichen Extreme, die mittleren Monats- sowie mittlere und absolute Jahresextreme, die mittlere Zahl der Eistage (Maximum unter 0°), Frosttage (Minimum unter 0°) und Sommertage (Maximum mindestens 25°), sowie von 30 Stationen die fünftägigen Mittel auf Grund 60jähriger Beobachtungen, aus denen sich ein guter Überblick über den jährlichen Gang der Temperatur gewinnen läßt. Nur wenige wichtige Daten aus dem umfangreichen Material seien hier angeführt. Die höchste Monatstemperatur im Meeresniveau liegt mit 21° im Juli im Rheintal zwischen Kolmar und Freiburg i. B. sowie zwischen Kempten und dem Bodensee, die niedrigste von 5° im Januar an der Ostgrenze Ostpreußens. Die absoluten, in dem Zeitraum 1881 bis 1910 beobachteten Temperaturmaxima lagen zwischen 39,8° in Amberg (östlich von Nürnberg) und 29,5° in Kiel, die absoluten Minima zwischen —12,2° auf Helgoland und —34,4° in Marggrabowa (Ost-Masuren). Dieser Ort hat auch mit 56,9 die höchste Zahl der Eistage und mit 144,8 die höchste Zahl der Frosttage im Jahre, während Köln die niedrigste hat, nämlich 10,5 Eistage und 50,3 Frosttage. Die meisten Sommertage, 48,7, hat Geisenheim am Rhein, die wenigsten, nur 2,0, dagegen Helgoland.

2. **Luftdruck und Wind.** Dreißigjährige Messungen auf 190 Stationen ermöglichten die Zeichnung von monatlichen Isobarenkarten im Meeresniveau. Die mittlere Windrichtung ist durch rote Pfeile angegeben, deren verschiedene Länge ein Zeichen dafür ist, in welchem Maße die betreffende Richtung die anderen überwiegt. Der Luftdruck nimmt ziemlich regelmäßig von Norden nach Süden zu; nur im Frühjahr verschwinden die Luftdruckunterschiede fast völlig. Dementsprechend wehen auch zu dieser Jahreszeit Winde aus veränderlicher Richtung, während in den übrigen Monaten die südwestliche bis westliche Windrichtung überall vorherrscht. Die Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen auf den verschiedenen Stationen, ausgedrückt in Prozenten, ist für die Monate und das Jahr in einer besonderen Tabelle angeführt. Leider erwies sich das Beobachtungsmaterial nicht als hinreichend, um auch die Geschwindigkeit des Windes auf den Karten zur Darstellung zu bringen. Nur von 30 Stationen mit mindestens 7jährigen Messungen ist sie in einer kleinen Tabelle mitgeteilt. Die Mittelwerte der Monate liegen zwischen 1,4 (Juni und August in Uslar am Solling) und 8,9 (Dezember auf Borkum) Metern pro Sekunde.

3. **Luftfeuchtigkeit.** In kleinerem Maßstab, 1 : 8500 000 (nur halb so groß als die anderen) sind die Karten des Dampfdruckes im Meeresniveau und der relativen Feuchtigkeit gehalten. Die Verteilung der letzteren wird durch die Entfernung vom Meere und die Erhebung über dem Meeresniveau bedingt. In Tabellen sind die Monats- und Jahresmittel des Dampfdruckes in Millimetern und der relativen Feuchtigkeit in Prozenten sowie die mittleren und absoluten Minima der letzteren angegeben. Als absolute Jahres-

¹⁾ *Klima-Atlas von Deutschland*. Bearbeitet im Preussischen Meteorologischen Institut von dem Direktor G. Hellmann und den Observatoren G. von Elsner, H. Henze und K. Knoch. Mit 87 Karten in farbigem Steindruck, Erläuterungen und 16 Klimatabellen. Berlin, Dietrich Reimer, 1921. 4 Blatt, 63 Kartentafeln, 40 Seiten Text. Querfolio, 35 × 31 cm.

²⁾ Die Verteilung der Lufttemperatur in Deutschland. Die Naturwissenschaften, Berlin, 1920, Jahrg. 8, S. 498—499.

minima der relativen Feuchtigkeit finden sich die extremen Werte 35 % auf Helgoland und 4 % zu Bad Elster in Sachsen verzeichnet.

4. *Bewölkung und Sonnenscheindauer.* Ein sehr unruhiges Bild, in dem jedoch die Gebirge Norddeutschlands als Wolkensammler scharf hervortreten, zeigen die Isonephen (Linien gleicher Bewölkungsgröße). In Süddeutschland macht sich umgekehrt, namentlich im Winter, eine Abnahme der Bewölkung mit der Höhe geltend. Wichtige Ergänzungen zu diesen Karten bilden zwei kleinere, welche die Verteilung der heiteren (Bewölkung weniger als 20 % des Himmels) und trüben (Bewölkung mehr als 80 %) Tage im Jahre zeigen. Aus den Tabellen ist zu entnehmen, daß die Monatsmittel der Bewölkung fast überall und zu allen Jahreszeiten zwischen 55 und 75 Prozent betragen. Die Zahl der heiteren Tage im Jahre schwankt zwischen 64,2 zu Freudenstadt in Württemberg und 12,6 zu Altastenberg in Westfalen, die der trüben Tage zwischen 191,9 auf der Schneekoppe und 102,3 in Köln. Eine Tabelle über die mittlere tägliche Dauer des Sonnenscheins läßt außer der naturgemäßen jährlichen Periode nur geringe Unterschiede erkennen. Im Jahresmittel schwankt sie nur zwischen 3,6 und 4,7 Stunden pro Tag, d. h. 29, bzw. 39 Prozent der überhaupt möglichen. Das Material erwies sich als nicht geeignet zur Konstruktion von Isohelien (Linien gleicher Sonnenscheindauer) auf Karten.

5. *Niederschläge.* Nicht weniger als 3689 Stationen lieferten das Material für die Niederschlagskarten der Monate und des Jahres, so daß diese in dem größeren Maßstabe von 1 : 2 500 000 entworfen werden konnten. Auch die Art der Farbengebung (Blau- und Braundruck in 10 Abstufungen) ist überaus glücklich gewählt. Zum ersten Male sieht man hier Monatskarten des Niederschlages von ganz Deutschland, aus denen die geographische Verteilung dieses wichtigen klimatischen Elementes für die meisten Zwecke mit genügender Genauigkeit entnommen werden kann. Über die Lage der regenärmsten und regenreichsten Gebiete in Deutschland hat G. Hellmann schon früher eine Untersuchung veröffentlicht, deren Hauptresultate in dieser Zeitschrift mitgeteilt worden sind³⁾. Die Karten zeigen nun den Verlauf der Isohyeten (Linien gleichen Niederschlages) in allen Einzelheiten. Im allgemeinen ist ihr Verlauf im norddeutschen Flachlande gleichmäßiger als im Süden und Westen, wie auch der Norden die geringeren Niederschläge aufweist. Die mittlere Jahreshöhe beträgt für Norddeutschland 64, für Süddeutschland 83, für das ganze Reich 69 cm. Entsprechend dem Regenreichtum der Gebirge finden sich die größten mittleren Monatsmengen in den bayerischen Alpen, wo sie im Juli bis zu 258 mm betragen. Die mittlere Jahresmenge des Niederschlages schwankt zwischen 260 cm im Algäu und 38 cm am Ostufer des Goplosees bei Hohensalza in Posen. Ihre genauen Zahlenwerte lassen sich aus Tabelle 13 entnehmen, während Tabelle 14 die jährliche Periode der Niederschlagshöhe in Prozentwerten angibt, denen noch die Niederschlagskoeffizienten beigelegt sind, durch welche der störende Einfluß der ungleichen Monatslänge beseitigt wird. Die Monatsnummern der größten wie der kleinsten mittleren Niederschlagshöhe sind ebenfalls in Karten eingetragen. Karten über die mittlere jährliche Zahl der Niederschlagstage (mit mindestens 0,1 mm Niederschlag),

über die Monate, mit deren größter und kleinster Anzahl, sowie eine Karte der durchschnittlichen Zahl der Schneetage (mit mindestens 0,1 mm Schmelzwasser) im Jahre machen den Beschluß der Tafeln. Die Maxima der Niederschlags- wie der Schneetage fallen auf dieselbe Station, den Gipfel der Schneekoppe (258,4 bzw. 129,3), die Minima ebenfalls auf denselben Ort, Colmar im Elsaß (131,3 bzw. 16,5).

6. Die Zahl der *Gewittertage* schwankt, wie aus der letzten Tabelle hervorgeht, zwischen 38 auf dem Hohenpeißenberg in den bayerischen Voralpen und 12 in Apenrade.

Die Karten wie die Tabellen werden durch knapp gehaltene, aber klar und gemeinverständlich geschriebene Erläuterungen näher erklärt, so daß auch der Nichtfachmann dieses grundlegende Werk bei allen Fragen, die das Klima Deutschlands betreffen, zu Rate ziehen kann.

O. B.

Botanische Mitteilungen.

Beiträge zur Frage der Verwandtschaftsverhältnisse der Leguminosenknöllchenbakterien. (Vogel und Zipfel, Centrbl. f. Bakt. 2. Abt., 54, 1921.) Die Frage, ob die Bakterien der Wurzelknöllchen der Leguminosen, die unter der Bezeichnung *Bazillus radicola* zusammengefaßt werden, tatsächlich nur einer Art angehören oder ob sich nicht — wie bei manchen Rostpilzen — unter diesem Kollektivbegriff zahlreiche Kleinarten verbergen, ist nicht-bloß von theoretischer, sondern auch von hoher praktischer Bedeutung für die Landwirtschaft. Infolgedessen ist dieses Problem schon von der verschiedensten Seite in Angriff genommen worden. Man hat Knöllchenbakterien aus verschiedenen Leguminosenarten isoliert und das morphologische und physiologische Verhalten der einzelnen Stämme verschiedener Herkunft verglichen. Ferner hat man mit solchen Reinkulturen Infektionsversuche mit möglichst zahlreichen, systematisch untereinander fernstehenden Leguminosen gemacht. Schließlich hat man das gegenseitige Verhalten der verschiedenen Bakterienstämme mittels der bekannten Serumdiagnostik geprüft. Alle drei Wege haben zu der Erkenntnis geführt, daß zum mindesten den einzelnen Unterfamilien der Leguminosen (Genistaceae, Trifolieae, Lotaeae, Viciae usw.) spezifische Formen des *B. radicola* zukommen, daß aber sogar innerhalb einer Unterfamilie noch eine weitere Aufspaltung zu konstatieren ist — so bei *Trifolium* und *Medicago* innerhalb der Trifolieen. Nur in einzelnen Punkten führten diese drei Methoden zu kleinen Unstimmigkeiten. So sollen nach Nobbe und Hiltner die Bakterien der Bohne und Erbse (2 fremde Unterfamilien!) identisch sein, während sich auf der andern Seite Anhaltspunkte dafür ergaben, daß *Vicia sativa* (Saatwicke) und *Vicia Faba* (Saubohne) von verschiedenen Rassen bewohnt werden.

Diese Punkte werden in der neuen Arbeit von Vogel und Zipfel auf Grund des serodiagnostischen Verhaltens aufgeklärt. Es wurden sowohl Agglutinationsversuche als auch Präzipitationsversuche angestellt. Für die Agglutination wurden Immunsera von Knöllchenbakterien aus *Vicia sativa*, *V. Faba* und *Phaseolus vulgaris* durch Einspritzung in die Blutbahn von Kaninchen hergestellt. Beim Verbringen von Bakterien in die zugehörigen Immunsera zeigte sich dann in üblicher Weise das Bild der Zusammenflockung der Mikroorganismen (Agglutination). Diese Agglutination reichte beim Serum von *Vicia-sa-*

³⁾ Die Naturwissenschaften, Berlin, 1919, Jahrg. 7, S. 483—484.

tiva- und V.-Faba-Bakterien bis zu einer Verdünnung von 1 : 10 000, beim Immunserum von Phaseolus-Bakterien bis 1 : 7500. Wurden nun mit dem Kontrollserum von *Vicia sativa* verschiedene V.-sativa-Bakterienstämme geprüft, die von anderen sativa-Planzen gewonnen waren, dann war das Reaktionsbild kaum verändert: Agglutination bis zu derselben Verdünnung. Das nämliche Bild lieferten verschiedene V.-Faba-Stämme, dem einen *Vicia-Faba*-Stammserum und verschiedene Phaseolusstämme dem Phaseolusstammserum gegenüber. Dagegen wurde das Reaktionsbild sofort anders, wenn Agglutinationsversuche mit heterologem Immunserum angestellt wurden. So agglutinierten *Vicia-Faba*- und Phaseolusbakterien nicht mit V.-sativa-Serum, *Vicia-sativa*- und Phaseolus-Bakterien nicht mit V.-Faba-Serum und endlich *Vicia-Faba*- und V.-sativa-Bakterien nicht mit Phaseolusserum. Dagegen reagierten die Bakterien von *Pisum* sehr stark mit V.-sativa-Serum, während sie mit V.-Faba- und Phaseolusserum keinen Erfolg gaben. Auf Grund dieses serodiagnostischen Verhaltens haben wir hier drei verschiedene Kleinarten von *Bacillus radicola* zu unterscheiden: 1. für *Vicia Faba*, 2. für V.-sativa und *Pisum*, 3. für Phaseolus. Damit ist aber die Annahme von *Nobbe* und *Hiltner* widerlegt, während V. Faba und V. sativa tatsächlich zwei artfremde Stämme beherbergen.

Diese Ergebnisse wurden mit der Präzipitationsmethode kontrolliert. „Diese Methode beruht darauf, daß beim Zusammenbringen zweier Flüssigkeiten, nämlich des das Präcipitin enthaltenden Immunserums und des das entsprechende Präzipitinogen bergenden wäßrigen Bakterienextrakts, eine Trübung bzw. ein Niederschlag entsteht“ — vorausgesetzt, daß es sich um identische Arten handelt. Es zeigte sich, daß solche Niederschläge bloß innerhalb der drei nach der Agglutinationsmethode ermittelten Stämme auftreten.

Von weiteren Ergebnissen ist zu erwähnen, daß die Serumdiagnostik ein Mittel in die Hand gibt, Stämme, die nicht aus der Leguminosenpflanze direkt, sondern aus dem Boden gewonnen sind, zu identifizieren — man braucht nur ihr Verhalten gegen bekannte Sera prüfen — und daß die Serumdiagnostik hier wie auch sonst für weitgreifende systematische Fragestellungen nutzbar gemacht werden kann. So wurde von bestimmter Seite die Annahme vertreten, daß *Amylobacter chroococcum* ebenfalls ein stickstoffbindendes Bodenbakterium, bloß eine besondere Form von *Bacillus radicola* sei. Auf Grund des serologischen Befundes haben die Verfasser dieser Vermutung den Boden entzogen.

Stark.

Mit dem Spitzenwachstum der Wurzelhaarzellen beschäftigt sich eine Arbeit von H. Ziegenspeck (Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., H. 9, S. 328, 1920). Es gelang ihm, in dem Amyloidzustand der wachsenden Zellwandteile Orte größerer Dehnungsfähigkeit und geringerer Elastizität nachzuweisen. Da sich hier eine Inhaltsvergrößerung des lebenden Plasmas durch Wasseranziehung ausgleichen kann, ist ein lokales Wachstum der Zellwand möglich. Die erstarrenden Teile nehmen den „Cellulose“zustand an, der durch seine geringere Dehnungsfähigkeit und größere Elastizität eine Ausdehnung von Dauer nicht ermöglicht. Auch die Sieberstlinge und Kollenchyme sich straffender Organe werden durch Jodjodkali ohne Vorbehandlung stark gebläut. Die Dehnung dieser mit lebendem Inhalte versehenen Zellen dürfte ebenso wie in den Haaren verlaufen, im Gegensatz zu den toten passiv gedehnten Ring- und Spiralfasern der Holzprimanen.

Letztere müssen daher häufig zerreißen, jene nicht. Auf Grund von Betrachtungen über die Durchlässigkeit des Plasmas und der Zellwand für Hydrosolen kommt der Verf. zu der Forderung, daß sich die Membranine erst außerhalb des Plasmas entweder auf ihm (Apposition) oder in der Wand selbst (Intussusception) aus einfacheren Zuckern oder mindestens feinen Hydrosolen aufbauen. Das Amyloid stellt sich im chemischen Sinne als ein Zwischenprodukt des Wandstoffaufbaues dar, wie es ja auch eine Stufe des Abbaues verschiedener Membranine ist.

Manche Membranen durchlaufen diesen Jod unter Bläuung adsorbierenden Zustand rasch, andere langsam. Ob der Aufbau mittelbar durch Fermente oder durch das „lebende“ Plasma erfolgt, möge noch offen gelassen werden. Das Wachstum durch Intussusception fern vom Plasma bei manchen Sporen spricht eher für die erste Deutung.

Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. (H. Molisch, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. H. 8, 1920.) Nr. 14. Über die Bläuung von Pflanzenaschen durch Chlorzinkjod. Das als „Chlorzinkjod“ bekannte Cellulosereagens hat auch die Fähigkeit, Soda und einige andere Karbonate (Lithium-, Kalium-, Ammonium- und Bariumkarbonat) zu bläuen, wenn sie in fester Form mit dem genannten Reagens zusammengebracht werden. Beim Zusammenreffen des Chlorzinkjods mit dem Karbonat entsteht unter mehr oder minder starker Entwicklung von Kohlensäureblasen gelartiges basisches Zinkkarbonat bzw. Zinkoxydhydrat, in dem wie in einer festen Lösung Jod in blauer Farbe eingelagert wird. Nach dem Gesagten darf es nicht wundernehmen, daß auch Pflanzenaschen gebläut werden können, da ja diese oft reich an Karbonaten sind. Von besonderem Interesse erscheint, daß Kalkoxalatkristalle, die beim Veraschen unter Beibehaltung ihrer Form in Kalkkarbonat oder Calciumoxyd umgewandelt werden, auch häufig mit Chlorzinkjod gebläut werden, jedoch nicht bei allen Pflanzen. Analog verhalten sich auch die Zystolithen.

Nr. 15. Über die Ausscheidung von Fetttröpfchen auf einer Apfelfrucht. Die Frucht von *Malus coriarius* scheidet an ihrer Oberfläche kleine klare Tröpfchen aus, die aus Fett bestehen und die Ursache davon sind, daß der Apfel sich fettig anfühlt. Hier liegt der, wie es scheint, noch nicht beobachtete Fall vor, daß eine lebende Frucht flüssiges Fett an ihrer Oberfläche in Form von Tröpfchen ausscheidet.

Zur Kenntnis der silberreduzierenden Zellsubstanzen in Laubblättern. (Friedrich Czapek, Berichte d. Dtsch. Bot. Gesellschaft., Jg. 38, H. 7, S. 246, 1920.) Wie Molisch gezeigt hat, ist die Eigenschaft, Silbersalze zu reduzieren, an den lebenden Chloroplasten der Phanerogamen meist sehr stark ausgeprägt. Mikrochemisch gelingt es kaum, sichere Anhaltspunkte für die Natur dieser reduzierenden Stoffe zu gewinnen. Hingegen überzeugt man sich davon, daß es sich nicht um Stoffe handelt, die mit dem Absterben der Zelle sofort zerstört werden, sehr einfach in der Weise, daß die Schnitte mit neutralem Bleiacetat fixiert werden. In diesem Falle bleibt das Reduktionsvermögen der Chloroplasten nach dem Tode völlig erhalten. Die silberreduzierenden Chloroplastenstoffe lassen sich in der Weise gewinnen, daß frische feinzerschnittene Blätter mit kochendem Wasser übergossen werden, das Wasserextrakt rasch bei möglichst niedriger Temperatur eingedunstet

und sodann mit einem Gemisch von Methyl- und Äthylalkohol behandelt wird. Man erhält so aus den verschiedensten Blättern kristallisierte Präparate, welche nach ihrem reaktionellen Verhalten Depsiden entsprechen. Chlorogensäure wurde bisher nirgends nachgewiesen. Vielleicht handelt es sich um andere Kaffeesäuredepside, worüber eine spätere Untersuchung entscheiden soll. Die Blätterdepside sind leicht zerstörbare Substanzen und sind nur bei rascher Verarbeitung frischer Blätter zu gewinnen. Wahrscheinlich sind die meisten „Blattgerbstoffe“ ursprünglich nicht vorhanden, sondern während des Trocknens und Präparierens aus den nativen Depsiden entstanden.

Ein neuer die Cyanophyceenfarbe bestimmender Faktor (K. Boresch, Ber. d. D. Bot. Ges. 38, 286, 1920). **Ein Fall von Eisenchlorose bei Cyanophyceen** (Zeitschr. f. Bot. 13, 65, 1921). Unter den die Cyanophyceenfarbe bestimmenden Außenfaktoren hat Verf. neuerdings als solchen auch den Eisengehalt des Nährsubstrates für ein Phormidium erkannt, nachdem er schon früher die Abhängigkeit der Lagerfärbung dieser Algen von der Menge des im Nährmedium vorhandenen Stickstoffs nachgewiesen hatte. Phormidium Retzii gom. var. nigroviolacea Willé n. var., welches in jungen Kulturen eine olivgrüne bis olivbraune Lagerfarbe besitzt, nimmt bei Erschöpfung des verfügbaren Eisens violette, braunrote, rotbraune, auch gelbbraune Färbungen an. Zusatz eines Eisensalzes stellt die ursprüngliche Farbe wieder her, aber nur dann, wenn noch verwendbarer Stickstoff vorhanden ist. Dieser Farbenwechsel beruht auf einer Zerstörung des Chlorophylls und der wasserlöslichen Pigmente bei eintretendem Eisenmangel. Man findet um so weniger von diesen Farbstoffen, je mehr sich die Rasenfarbe von Violett über Rot dem Gelbbraun nähert. In Hinblick auf ganz ähnliche Verhältnisse bei höheren Pflanzen wird diese zum erstenmal auch bei Algen beobachtete Erscheinung als Eisenchlorose bezeichnet. Wie bei der Stickstoffchlorose vollzieht sich auch hier der Abbau des Chlorophylls und der wasserlöslichen Farbstoffe gleichzeitig, nur bestimmen die letzteren im Verein mit den sich nicht vermindernenden Karotenen noch längere Zeit die Färbung des Rasens. Bei gleicher Menge des in Form von KNO_3 dargebotenen Stickstoffs hängt der Grad des Abbaues dieser Farbstoffe von der gleichzeitig vorhandenen FeSO_4 -Menge ab.

Über den Wasserkelch der Blütenknospe von Aconitum variegatum. (H. Molisch, Ber. d. D. Bot. Ges. 38, Heft 10, 1920.) Die Blütenknospe dieser Pflanze ist, solange die korallenartigen Kelchblätter ihre endgültige Farbe noch nicht angenommen haben und noch zusammenschließen, von Wasser mehr oder weniger erfüllt. Ist viel Saft in der Knospe vorhanden, so fließt er, wofern man die Knospe zwischen Daumen und Zeigefinger sanft drückt, zwischen den Rändern der Kelchblätter heraus. Alle Organe der Blütenknospe: die innere Oberfläche der Knospenblätter, die Honigblättchen, die Staubgefäße und Stempel sind ganz naß, und vor dem Ausfließen des Wassers erscheinen die genannten Organe wie in einem Bade. Später, wenn die Knospe sich öffnet, verschwindet der Saft. Auffallend ist, daß der Saft nicht aus reinem Wasser, sondern der Hauptmasse nach aus einer Emulsion von mehr oder minder großen Myelinkügelchen besteht. Hierdurch unterscheidet sich der Wasserkelch von Aco-

nitum von dem bei tropischen Pflanzen gefundenen, wenigstens hat man bei diesen eine solche Emulsion nicht beobachtet.

Neben den Myelinkörperchen finden sich in dem Saft des Wasserkelches regelmäßig Hefezellen: einzelne sprossende Zellen und mehr oder minder große Sproßkolonien. Auch Hefe hat man bisher in den Wasserkelchen tropischer Pflanzen nicht gefunden.

Über ein neues Holz- und Vanillinreagens I. (J. Grub, Ber. d. D. Bot. Ges. 38, Heft 10, 1920.) Das Vanadylphosphat, das man durch Lösung von Vanadinsäure in Phosphorsäure erhält, ist ein Reagens auf die verholzte Membran, die dadurch eine rötlich-gelbbraune Färbung annimmt, während sich die Flüssigkeit blaugrün und schließlich rein blau färbt, ein Zeichen dafür, daß das Vanidinsalz reduziert wird. Wie Phloroglucin auf die verwandten Körper Vanillin und Coniferin einwirkt, so reagiert damit auch Vanadylphosphat. In einer Lösung desselben löst sich ein Vanillinkristall unter Bildung von zahlreichen kleinen, zu zierlichen Sternchen und Büscheln sich vereinigenden Nadeln eines neuen Körpers, der sich aus Rubidiumlauge unzersetzt umkristallisieren läßt und den Verf. „Vanillanin“ genannt hat. In der Aschenanalyse desselben fanden sich nur Spuren von Vanadinsäure. Das Coniferin gibt mit dem Reagens einen feinkörnigen dunkelbraunen Niederschlag.

Um die Verbindung des Lignins mit dem Vanadylphosphat herzustellen, unternahm es Verf., die Ligninsubstanz aus Holz selbst zu gewinnen. Zu diesem Zweck wurden Holzspäne der Kiefer mit Alkohol, Äther und 5prozentiger Natronlauge gereinigt, die dann durch Wasser, verdünnte Essigsäure und abmehls durch Wasser entfernt wurde. Die trockene Substanz wurde mit halbkonzentrierter Salzsäure durchfeuchtet, mit der zehnfachen Menge abs. Alkohols 5–6 Stunden unter dem Rückflußkühler erhitzt und dadurch eine Ligninlösung erhalten. Durch abwechselnde fraktionierte Fällung mit Wasser und Wiederlösung in Alkohol erhält man schließlich einen fast weißen Niederschlag, der sich noch mit Äther reinigen läßt und im Vakuum getrocknet ein weißliches Pulver darstellt. Der Schmelzpunkt dieses Ligninalkohols liegt bei 160° . Durch die Elementaranalyse wurde die Formel $\text{C}_{26}\text{H}_{46}\text{O}_{10}$ erhalten.

In einem folgenden Bericht sollen die Eigenschaften und die Vanadylreaktion dieses Körpers behandelt werden.

Über eine auffallende Farbenänderung einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure. (Hans Molisch, Ber. d. D. Bot. Ges. H. 1, 1921.) Fällt ein Regentropfen auf die blauviolette Blumenkrone der Ipomoea purpurea, so färbt sich innerhalb einer Stunde die benetzte Stelle, und zwar genau im Ausmaß des Tropfenareals, rot. Dasselbe geschieht auch mit destilliertem Wasser und mit Leitungswasser, mit letzterem nur langsamer. Die Ursache der Farbenänderung ist die im Wasser gelöste Kohlensäure. Legt man eine frische Blüte in einen Erlenmeyerkolben und bläst man Atemluft, also kohlensäurereiche Luft hinein, dann schlägt die blauviolette Farbe innerhalb 2–4 Minuten in Rot um. Der Versuch ist auch umkehrbar: bringt man die schon rot gewordene Blüte aus der Atemluft in gewöhnliche atmosphärische Luft, so nimmt sie in wenigen Minuten ihre ursprüngliche blaue Farbe wieder an.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 46. (Seite 935—950)

18. November 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Milchstraße und Nebelstraße. Von *J. G. Hagen S. J., Rom.* (Mit 1 Tafel.) S. 935.

Neueste Ergebnisse auf dem Gebiete der Gehirnforschung. Von *Richard Arwed Pfeifer, Leipzig.* (Mit 11 Abbildungen.) S. 938.

Besprechungen:

Schaefer, Clemens, Einführung in die theoretische Physik. Von *P. P. Ewald, Stuttgart.* S. 946.

Smits, A., Die Theorie der Allotropie. Von *G. Masing, Berlin.* S. 947.

Mitteilungen aus dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Von *P. P. Ewald, Stuttgart.* S. 948.

Das beste und billigste Weihnachtsgeschenk ist ein gutes Buch

J. P. Koch

Durch die weiße Wüste

Die dänische Forschungsreise quer durch Nordgrönland 1912—1913

Deutsche Ausgabe besorgt von

Prof. Dr. Alfred Wegener

Teilnehmer der Forschungsreise

Mit 158 Textabbildungen und 2 Karten — 1919

In Geschenkband gebunden Preis M. 45.—

(einschl. Verlagssteuerzuschlag)

Aus den zahlreichen Besprechungen:

Seit dem Erscheinen der Nansenschen Berichte, also seit bald einem Vierteljahrhundert, ist eine Nordlandsfahrt in die Region des ewigen Schnees und Eises nicht wieder so lebendig, spannend, mitfortreibend geschildert worden, wie es J. P. Koch in seinem Buche tut ... Diese Forschungsreise war für die Wissenschaften der Wetter- und Eiskunde außerordentlich fruchtbar, ja zum Teil von umstürzender Bedeutung, aber auch als Drama menschlicher Tatkraft, Entbehrungs- und Überwindungsfähigkeit steht die Expedition in der ersten Reihe aller bisher bekannten.

(Westermanns Monatshefte.)

... Durch die Eiswüsten des höchsten Nordens führen uns die Schilderungen, über Firne ewigen Schnees und durch Täler des unendlichen Schweigens ... Trefflich ist auch der Bildschmuck des schön ausgestatteten Werkes, das jeden, der für die Erforschung fremder Länder Interesse hat, in hohem Maße fesseln wird.

(Reclams Universum.)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050–53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Test-platten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu ver-langen: Liste über neue Schulsammlung mit Text-heft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften

1915 bis 1920

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (285)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Forst- und Jagd-Kalender 1922

Begründet von

Schneider und Judeich

Eberswalde

Tharandt

72. Jahrgang

Bearbeitet von

Dr. M. Neumeister

Geh. Oberforstrat in Dresden

Erster Teil:

Kalendarium, Wirtschafts-, Jagd- und Fischerei-Kalender,
Hilfsbuch, verschiedene Tabellen und Notizen

Ausgabe A

Schreibkalender (106 Seiten): 7 Tage auf der
linken Seite, rechte Seite frei

Gebunden Preis M. 16.—

Ausgabe B

Schreibkalender (188 Seiten): auf jeder Seite
2 Tage

Gebunden Preis M. 18.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

18. November 1921.

Heft 46.

Milchstraße und Nebelstraße.

Von J. G. Hagen S. J., Rom.

I. Beobachtungstatsachen.

Die Erkenntnis einer Straße von dunklen Nebeln, die sich außerhalb der Milchstraße über den ganzen Himmel erstreckt, ist das Nebenresultat eines andern Arbeitszieles, das vor zehn Jahren auf der vatikanischen Sternwarte in Angriff genommen war. Es handelte sich um eine Neubeachtung der hellen Nebelflecke, die in Dreyers bekanntem Katalog zusammengestellt sind. An Stelle der vor einem Jahrhundert von W. Herschel eingeführten Wortbeschreibungen dieser Nebel sollten nun Stufenzahlen treten, wie Argander sie für die veränderlichen Sterne eingeführt hatte. Dunkle Wolken, die in der Nachbarschaft der hellen Nebel beobachtet wurden, kamen nur als Bemerkungen in das Tagebuch.

Einzelne dunkle Felder am Himmelsgewölbe hatte schon W. Herschel aufgezeichnet, sie wurden aber nicht weiter beachtet. Die Anfertigung des Atlas Stellarum variabilium konnte nicht verfehlen, dem Schreiber dieser Zeilen das Vorhandensein ausgedehnter Nebelmassen zum Bewußtsein zu bringen, denn jede Karte wurde in verschiedenen Nächten und sogar in verschiedenen Jahren durchgemustert. In der Tat ist auf zehn dieser Karten die Bemerkung beigedrukt, daß das Gesichtsfeld ständig mit Nebeln überzogen sei. Später haben auch Barnard und Max Wolf auf dunkle Felder am Himmel hingewiesen.

Nun aber fehlte noch die Einsicht, daß diese kosmischen Wolken ein *zusammenhängendes Gebilde* sind. Zwar fiel es mehr und mehr auf, daß die dunkeln Wolken in so großer Zahl auftreten, in der Milchstraße noch wenig, um so häufiger aber gegen den nördlichen Pol. Die Methode, das Fernrohr auf die getrennten Stellen des Himmels zu richten, wie sie in Dreyers Katalog zufällig aufgezeichnet sind, war an sich wenig geeignet, die Stetigkeit dieses dunkeln Gebildes erkennen zu lassen. Erst als die Nachtbeleuchtung der Stadt Rom infolge der Kriegsnöte verschwand, wurde der Zusammenhang der dunklen Nebel diesseits und jenseits der Milchstraße endgültig festgestellt.

Von da an wurden die dunkeln kosmischen Wolken aufmerksamer verfolgt und nach Stufenzahlen geschätzt. Dabei leistete die galaktische Skala von Heis gute Dienste. Ähnlich wie Heis die hellsten Stellen der Milchstraße mit I bezeichnete, die kaum wahrnehmbaren mit V, so wurden die dunkelsten kosmischen Wolken

gleich V geschätzt, die feinsten, eben noch sichtbaren Nebelschleier gleich I. Das Ergebnis der Beobachtungen, die vom Nordpol der Drehungsachse bis $+40^\circ$ Deklination abgeschlossen sind, sich aber, wie gesagt, nicht stetig aneinander schließen, ist in den Monthly Notices 81 (1921), 449 auf einer Tafel zu sehen.

II. Beobachtungsergebnisse.

Die neuen Erkenntnisse, die sich aus den auf der vatikanischen Sternwarte angestellten zehnjährigen Beobachtungen ergeben, lassen sich in drei Sätze zusammenfassen.

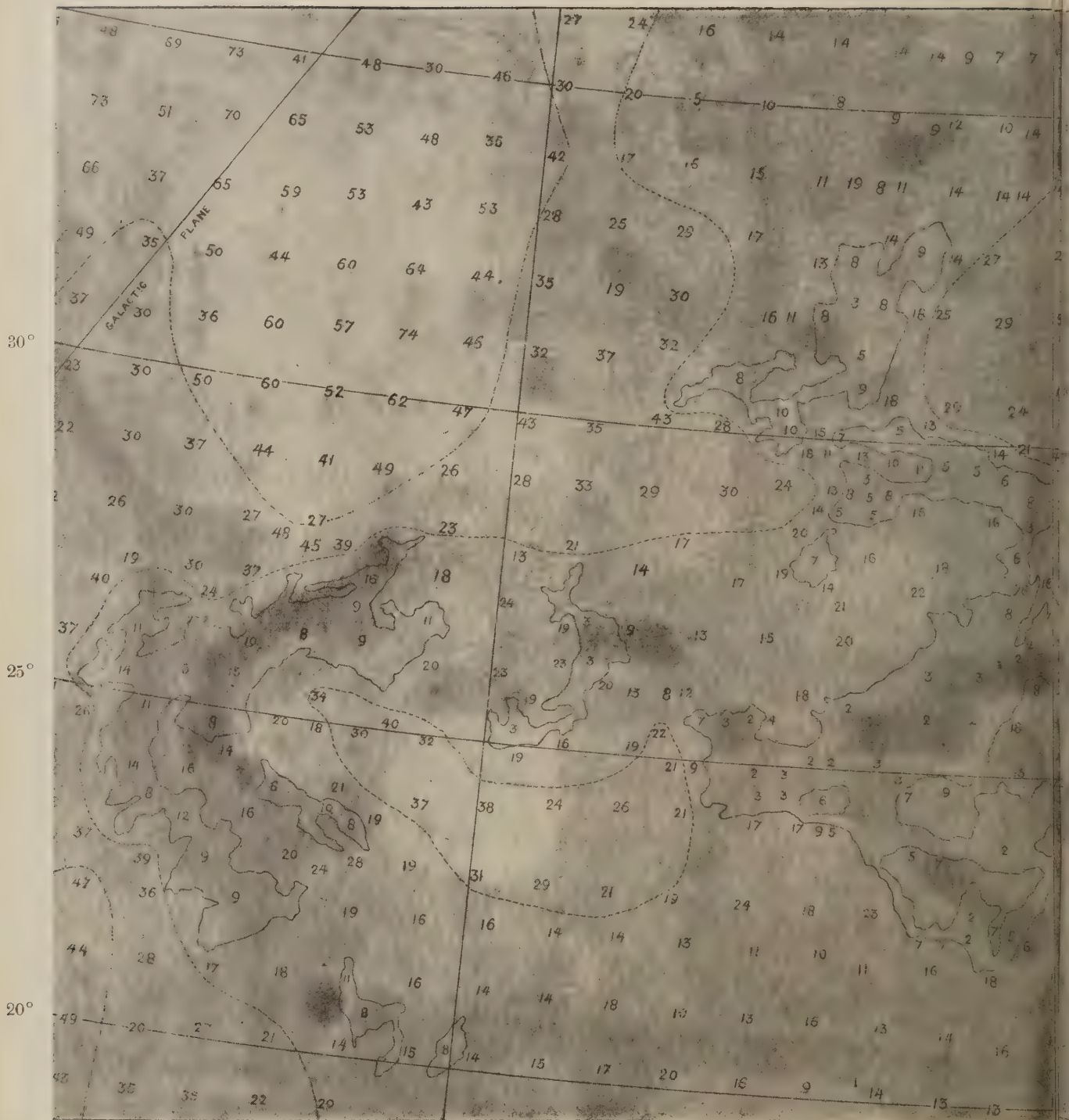
1. Der ganze für uns sichtbare Himmel ist mit nichtleuchtenden Nebelmassen überzogen, besonders außerhalb der Milchstraße und dicht zusammenhängend am galaktischen Pol. Innerhalb der Milchstraße sind die Nebelschleier dünner und weiter auseinander, doch wird ganz klarer Himmel nur in der Nähe von dichten Sternhaufen angetroffen. Bisher wurde geglaubt, die dunkeln Nebel seien auf den schmalen Streifen der Milchstraße beschränkt, weil eben die getrennten Wolken auf sternreichem Himmelsgrund stark hervortreten, während die zusammenhängenden Nebelmassen in sternarmen Gegenden nur dem erkennbar sind, der mit dem Aussehen dieser Gebilde schon vertraut ist.

Nach unsern letzten Beobachtungen läßt sich der Satz noch bestimmter so aussprechen: Die nichtleuchtenden kosmischen Nebel sind um so dichter, je sternärmer die betreffende Himmelsgegend ist. Oder umgekehrt: je dichter ein Sternhaufen, um so klarer der umgebende Himmelsgrund. Ganz deutlich läßt sich dieser Satz auf einer Tafel erkennen, die auf der Astronomerversammlung in Potsdam (August 1921) vorgezeigt wurde und im Jubiläumsheft der Astron. Nachrichten erschienen ist.

2. Das zweite Ergebnis der Beobachtungen betrifft die kleinen selbstleuchtenden Nebelflecke, die in Dreyers Katalog aufgezählt sind. Sie werden manchmal als Spiralnebel bezeichnet, aber mit Unrecht, denn viele von ihnen sind bloße Sterngruppen auf nebeligem Grund oder innerhalb von Nebelhüllen.

Merkwürdigerweise finden sich nun diese hellen Nebelflecke gerade da am häufigsten, wo die dunkeln Wolken am dichtesten sind, d. h. sehr selten innerhalb der Milchstraße und in ungeheurer Zahl am galaktischen Pol. Noch viel auffallender aber ist die Tatsache, daß diese hellen Nebelflecke sich mit Vorliebe an den Rändern der nichtleuchtenden Wolken aufhalten und das

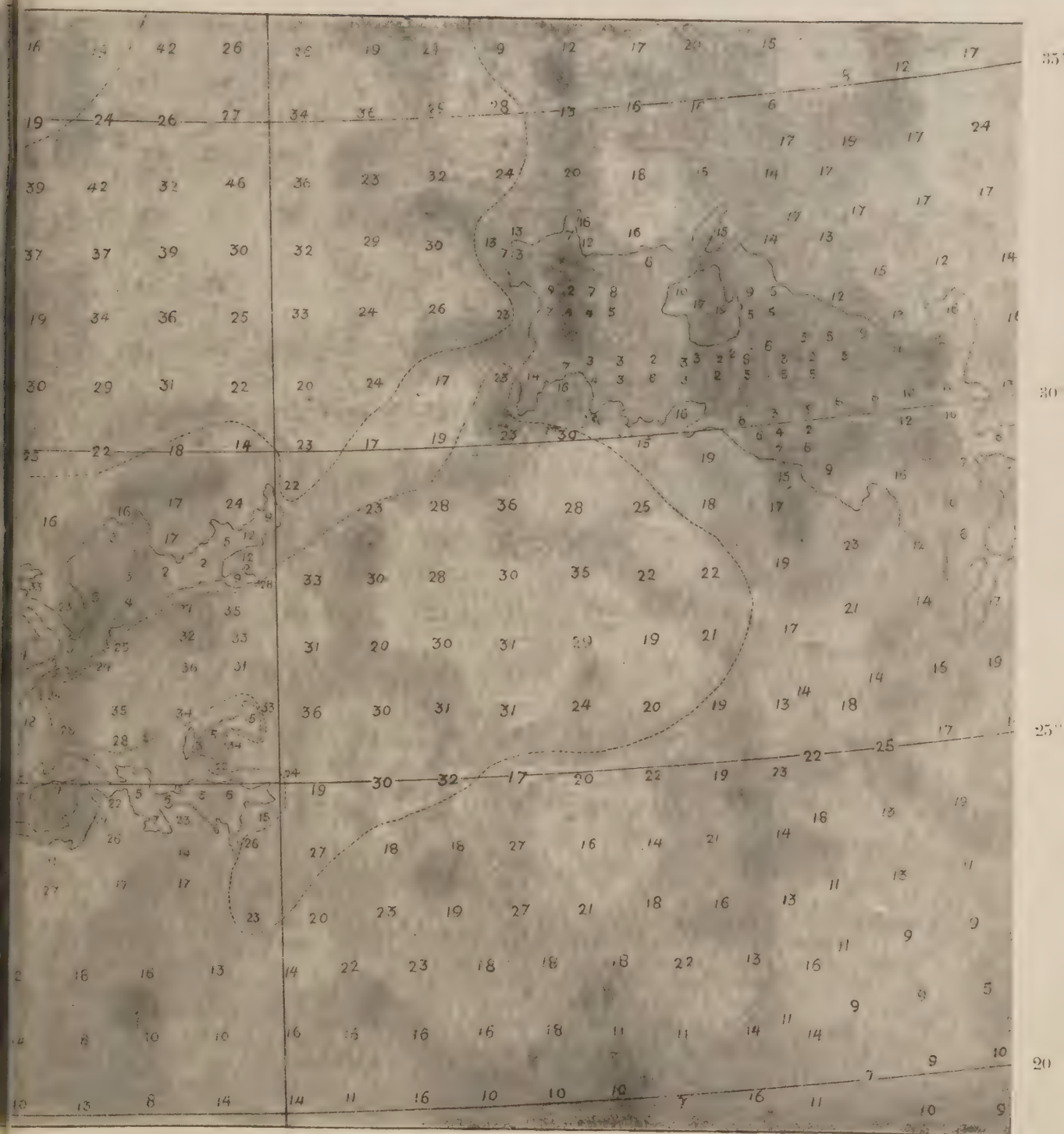
VH



VH

Dunkle Net

IV I



IV II

Sternleeren.

Innere dunkler Flächenräume zu vermeiden scheinen.

3. Nicht nur die hellen Nebelflecke, sondern auch die Sterne zeigen ein besonderes Verhalten gegen die dunklen kosmischen Wolken. Sehr häufig kommt es vor, daß der Rand einer dichten Nebelwolke von hellen Sternen wie von einer Perlschnur eingefast ist. Diese Sterne sind meist von der 8. oder 9. Größenklasse. Am schönsten tritt diese Begrenzung hervor, wenn sich innerhalb eines ausgedehnten Nebelfeldes eine klare Himmelsgegend befindet. Solche Stellen sind gewöhnlich rund und von einem Grad Durchmesser. Sie erscheinen dann ringsum von hellen Sternen begrenzt und gegen die umgebenden Nebelmassen abgeschlossen.

Die Erscheinung ist so ständig, daß man von dem bloßen Anblick einer Sternperlschnur auf eine von ihr begrenzte dunkle Wolke schließen darf.

III. Schlußfolgerungen.

Es dürfte nicht verfrüht sein, wenn wir aus den bis jetzt feststehenden Ergebnissen sofort eine Schlußfolgerung ziehen, vorderhand nur die eine, daß nämlich diese dunkeln Nebelmassen der Stoff sind, aus dem sich die Sterne gebildet haben. Das Sternsystem wird als dreiaxiges Ellipsoid aufgefaßt, dessen entfernteste Grenzen uns als Milchstraße erscheinen. Die dünnen Nebelschleier, die wir innerhalb dieses Ellipsoids noch wahrnehmen, sind dann die Überbleibsel der Sternbildung. Nach dieser Auffassung liegen die dichten kosmischen Wolken nicht nur am galaktischen Pol, sondern rings um den ellipsoidisch geformten Sternhaufen. Nimmt man das Verhältnis der drei Achsen des Ellipsoids mit *Charlier* zu 1 : 5 : 8 an, so ist das Licht, das von den äußersten Äquatorialgegenden des galaktischen Sternhaufens zu uns gelangt, durchschnittlich mehr als vierzigmal schwächer als das vom Pol dieser Sterngruppe uns zugesandte. So kommt es, daß wir mit zunehmender Poldistanz immer weniger und immer schwächer werdende kosmische Nebel sehen, nicht weil die Nebel da wirklich abnehmen, sondern weil sie uns ferner liegen.

Damit löst sich, nebenbei gesagt, die Frage, warum wir die sog. Spiralnebel am Pol der Milchstraße in großer Zahl wahrnehmen, längs der Milchstraße aber nie einen finden. Diese hellen Nebel sind eben, wie oben gezeigt ist, mit den dunkeln Wolken örtlich verbunden.

Das Bild, das wir uns hiernach vom Weltall zu bilden haben, ist dieses, daß der Weltraum bis zu einer Grenze mit nichtleuchtenden Massen angefüllt ist und daß unser galaktisches Sternsystem sich innerhalb dieser Massen gebildet hat, also von dunkeln Wolken allseitig umhüllt wird. Ist dieser Schluß richtig, so bietet er ein Mittel, die Massen der dunkeln Wolken abzuschätzen. Denn die Gesamtmasse unsers Sternsystems muß

gleich sein der Nebelmasse, die ursprünglich das galaktische Ellipsoid erfüllte. Dabei wären aber noch die innerhalb der Milchstraße übriggebliebenen Nebelschleier in Rechnung zu bringen. Ihr Verhältnis zur ganzen Masse dürfte etwa wie eins zu hundert geschätzt werden.

Zum Abschluß dieses Bildes weisen wir auf *Russells* Theorie über die Entwicklung der Sterne hin, wie sie in den *Monthly Notices* 81 (1921), 343 zusammenfassend dargestellt ist. Wenn zwei voneinander unabhängige Theorien sich gegenseitig ergänzen, so ist das eine Stütze für beide. Das ist nun hier der Fall. Nach *Russell* ist der früheste Zustand eines Sterns eine Masse von großer Ausdehnung und niedriger Temperatur. Durch Zusammenziehung wird diese Masse wärmer und nimmt eine rötliche Färbung an, wir haben einen sog. Riesenstern. Die Zusammenziehung nimmt fortwährend zu, bis der Stern in seinem späten Alter ein sog. Zwergstern wird. Er ist wieder rötlich und hat nur geringe Wärme. In der Zwischenzeit aber erreicht der Stern das Maximum seiner Lebenskraft, denn in der ersten Hälfte seines Lebens überwiegt die Wärmeentwicklung des Sterns seine Ausstrahlung, bis er sich zur Weißglut entwickelt. Nach Überschreitung seiner größten Hitze ist die Ausstrahlung stärker als die Wärmezeugung, das Leben des Sterns geht seinem Ende zu.

Unsere Nebeltheorie grenzt sonach scharf an die Russellsche Theorie der Sternentwicklung. Sie liefert den geeigneten Stoff für die ursprünglich kalten Riesensterne, die sich aus ihm allmählich zusammenballen und durch Zusammenziehung sich zu dem Sternsystem unserer Milchstraße entwickeln.

Rom, Vatikanische Sternwarte, 12. Sept. 1921.

Neueste Ergebnisse auf dem Gebiete der Gehirnforschung¹⁾.

Von *Richard Arwed Pfeifer*, Leipzig.

Es gibt in der Wissenschaft kaum ein anderes Problem, welches wegen des allgemein menschlichen Interesses jederzeit mit so großer Ehrfurcht abgehandelt worden wäre wie der Bau des menschlichen Gehirns mit Rücksicht auf die psychischen Leistungen. Was dieses Problem heute so ungemein reizvoll gestaltet, ist die Tatsache einer vollkommenen Neuorientierung der Gehirnforschung zur Psychologie. Die Hoffnung, die geistigen Leistungen des Menschen aus dem Gehirnbau restlos erklären zu können, hat man in den letzten Jahrzehnten definitiv begraben müssen, und zwar trotz der zunehmenden Erkenntnis, daß jedes seelische Erlebnis wirklich eine Funktionsleistung des zentralen Nervensystems ist. Der Zusammenhang ist als so innig erkannt worden, daß man sich nachträglich gewissermaßen Rechenschaft

¹⁾ Vorlesung, gehalten zur Leipziger Universitätswoche am 27. Juni 1921.

geben mußte, wie denn in Theorie und Praxis eine so scharfe Trennung von Leib und Seele überhaupt entstehen konnte. Die letztere Tatsache ist nur biologisch zu begreifen. Das Gehirn ist ein Organ, eingebaut in eine Vielheit anderer Organe, unter denen es eine eigenartige Sonderstellung einnimmt. Es entwickelt sich nicht nur beim Embryo in aller Frühe als eine Art Raubsystem an erster Stelle, eilt nicht nur in der Entwicklung allen anderen Organen voraus, so daß sich z. B. 4 Monate vor der Geburt bereits eine Vollzähligkeit der Nervenzellen ergibt, die weiterhin auch nicht die Neubildung einer einzigen Nervenzelle mehr erfordert und den Bedarf für das ganze Leben gedeckt erscheinen läßt, sondern erweist sich das ganze Leben hindurch als eine biologische Einheit von so großer Selbständigkeit, daß es darin nur noch der menschlichen Frucht im Mutterleibe vergleichbar ist. Die Parallele erscheint auffallend streng. So groß die Abhängigkeit des Embryos von seinem Mutterboden auch sein mag, so emanzipiert sind die Lebensäußerungen des Kindes im Mutterleibe von denen der Mutter selbst. Daß der Embryo dabei von den Eihäuten dicht abgeschlossen in einer Flüssigkeit, dem Fruchtwasser, schwimmt, scheint dafür eine notwendige Voraussetzung zu sein. Wie nun aber etwa die spontanen **Bewegungen** der menschlichen Frucht unabhängig erfolgen von den **Bewegungen** der Mutter, so erscheinen die an die **Tätigkeit** des Gehirns gebundenen psychischen Effekte als eine selbständige Leistung gegenüber den Funktionen der übrigen Körperorgane. Auch das Gehirn ist in Hirnhäuten dicht eingeschlossen und schwimmt in einer Flüssigkeit, dem Liquor cerebro-spinalis. Sein parasitäres Dasein beweist es, um nur *ein* Beispiel anzugeben, wie die menschliche Frucht, durch seine denkbar geringe Anteilnahme an den allgemeinen Körpergewichtsschwankungen, und wie die abgemagerte und kranke Frau ein vollgewichtiges Kind gebären kann, so entnehmen wir bei der Sektion schwer kachektischer Personen dem Schädel gelegentlich ein unversehrtes und vollgewichtiges Gehirn. Trotz alledem bleibt aber ein großer Rest von Abhängigkeit des zentralen Nervensystems von der Vielheit der anderen Körperorgane, in die es eingebaut ist, in einem Grade bestehen, der vielfach unterschätzt worden ist.

Wir wissen heute, daß normale Beschaffenheit und Tätigkeit gewisser außerhalb des Nervensystems gelegener Organe Voraussetzung sind für eine regelrechte Tätigkeit des Gehirns. Ganz abgesehen von der vitalen Abhängigkeit des Nervensystems von der Atmung und von der Zirkulation des Blutes, auch davon ganz abgesehen, daß z. B. Muskelarbeit auch geistig ermüdet und eine allgemeine körperliche Krankheit die psychischen Leistungen herabsetzt, unterliegt die Tätigkeit des Gehirns *direkten* Einflüssen, die aus chemischen Zusätzen zum Blut resultieren und aus den

Drüsen der inneren Sekretion stammen. Hier ist das Gehirn Erfolgsorgan. Die Entdeckung funktioneller Geisteskrankheiten, wie der Paranoia, der Manie und der Melancholie, denen keine organische Erkrankung des Gehirns entspricht, hat uns die hohe Bedeutung dieser endokrinen Blutbeimengungen für die normale Geistestätigkeit kennen gelehrt. Selbst unter der Voraussetzung, daß Mann und Weib ein vollkommen gleich gebautes Gehirn besäßen, müßte eine differenzielle Psychologie der Geschlechter schon deshalb nachweisbar sein, weil Eierstock und Hoden so verschiedene chemische Stoffe an das Blut abgeben, daß dadurch die sekundären Geschlechtsmerkmale auch in psychischer Hinsicht entstanden gedacht werden müssen.

So wie wir aber nun gelegentlich das Gehirn unter dem Einfluß anderer Körperorgane funktionell unterliegen sehen, kann andererseits beobachtet werden, wie die Tätigkeit anderer Organe auf psychogene Ursachen anspricht, die unzweifelhaft Leistungen des Zentralnervensystems sind. Es handelt sich dabei um die von der Willkür ganz unabhängigen sogenannten psychogenen Reaktionen. Wenn die Freude unsere Wangen rötet, der Schreck die Wangen blaß verfärbt, das Erstaunen die Sprache versagen und den Mund trocken werden läßt, die Furcht Gänsehaut erzeugt und die Angst das Haar sträubt und gelegentlich Darmstörungen entstehen läßt, so sind das dafür nur landläufige Beispiele.

Die tiefere Erkenntnis der biologischen Selbständigkeit des Gehirns sowie seiner Wechselbeziehung zur Vielheit der übrigen Körperorgane hat nun zwar den Plan einer rein anatomischen Psychologie aufgeben lassen, aber weit davon entfernt, die Gehirnforschung für die Psychologie entbehrlich zu machen, erscheint heute das Studium der körperlichen Grundlagen des Seelenlebens geradezu als Voraussetzung jeder praktischen Psychologie.

Nun ist aber der Inhalt dieser Disziplin, die wir als Hirnpsychologie hier skizziert haben, keinesfalls identisch mit der physiologischen Psychologie, wie sie mit experimentellen Hilfsmitteln seit Jahrzehnten entwickelt worden ist. Die physiologische Psychologie ist vorwiegend eine analytische Wissenschaft, die aus dem Studium der psychischen Elemente die zusammengesetzten psychischen Erlebnisse aufzubauen und zu erklären versucht. Selbst die vergleichende Tierpsychologie einschließlich der vergleichenden Hirnanatomie ist dieser Tendenz gefolgt bei dem subtilen Nachweis psychischer Elemente und Elementarorgane bei den niederen Tieren, aus denen alsdann die psychischen Leistungen der höheren Tiere bzw. auf das Organ bezogen, sich das höher entwickelte Zentralnervensystem zusammensetzen sollte. Man sagt nicht zuviel, wenn man behauptet, daß diese Disziplinen bei der Erforschung des menschlichen Geistes in den eigenen Produk-

ten erstickt sind. Wir vermögen heute in der Methode, die Handlungsweise eines Menschen durch Analyse der Bewegungen nach den drei Dimensionen am Registrierapparat oder deren zeitlichen Ablauf in Reaktionsversuchen nach Tausendteilen von Sekunden zu berechnen, nichts weiter zu erblicken als eine Abstraktion ohne jede Bedeutung für das praktische Leben. Die psychischen Erlebnisse treten uns nie in ihren Elementen, sondern immer als Komplexe entgegen. Das ist aber nun schon bei den Tieren der Fall. Wenn wir einen Bienenstock in die Heide fahren und die Tiere auffliegen lassen, so kehren sie nach kurzer Zeit der Orientierung auch von Fernflügen sicher an ihren neuen Ausgangspunkt zurück. Erfahrungsgemäß genügt es aber nun, den Bienenstock in Abwesenheit der Tiere um wenige Meter zu verschieben und sie finden sich nicht mehr zu recht. Das ist kaum anders zu erklären als so, daß die Tiere mit Totaleindrücken arbeiten; von denen die Auffassung des Bienenkorbes nur ein Bestandteil ist. Wir Menschen verhalten uns in der Auffassung räumlicher Komplexe nicht anders. Man kann gelegentlich an seinen Schreibtisch herantreten und die Gewißheit haben, daß etwas befremdlich anders ist als sonst, ohne zu wissen, was es sei; erst die genaue Analyse bestätigt uns dann tatsächlich, was uns der Totaleindruck ahnen ließ. Eine gefühlsmäßige Kritik stützt sich auch sonst immer auf Imponderabilien und ist doch so sicher im Urteil, daß die Erhebung zu weiterer Klarheit durch sprachliche Fassung von untergeordneter Bedeutung sein kann. Die Komplexforschung beansprucht deshalb heute ein hohes wissenschaftliches Interesse auch hinsichtlich der körperlichen Grundlagen, und was den Menschen anbelangt, ist man auf diesem Gebiete, um nur ein Beispiel anzuführen, in bezug auf Körperbau und Temperament (*Kretzschmer*) schon zu recht beachtenswerten Ergebnissen gelangt.

Es hieße aber auf wissenschaftliche Methodik überhaupt verzichten, wollte man die Entstehung komplexer psychischer Gebilde aus elementaren Bestandteilen da leugnen, wo die Naturbeobachtung sie direkt lehrt. Das ist z. B. der Fall bei den Lokalisationsproblemen des menschlichen Gehirns. Was *Gall* dunkel ahnte, ist heute ein gesichertes Ergebnis der wissenschaftlichen Forschung. Die Großhirnrinde stellt eine Vielheit von Organen dar mit psychischen Sonderleistungen, die an den Gesamterlebnissen einen entsprechenden Anteil nehmen. Ich beschränke meine Darlegungen auf die Demonstration der Sinneszentren und wähle unter ihnen die Hörsphäre aus, die in letzter Zeit besonders scharf abgegrenzt und hinsichtlich ihrer Einzelleistungen durchforscht worden ist.

Die kortikale Hörsphäre des Menschen ist ein wenige Zentimeter großer Teil der Großhirnoberfläche. Sie ist eine echte Sinnessphäre, d. h. der Endausbreitungsbezirk eines Sinnesnerven in der Großhirnrinde oder das Projektionsfeld eines

Sinnesorgans. Nennt man die Sinne die Pforten der Seele, so hat diese Pforte eine Doppeltür, die äußere ist das Sinnesorgan, die innere die Sinnessphäre im Gehirn. Gehörseindrücken wird nach Zerstörung dieser Sinnessphäre der Eintritt in die Rinde versperrt (*Flechsig, Henschen*). Ihre Lage ist nicht so leicht zu demonstrieren, obwohl sich die Hörsphäre beim Menschen im wesentlichen mit einer besonderen Windung deckt, die sich schon makroskopisch ganz charakteristisch aus ihrer Umgebung heraushebt. Die Oberfläche des Gehirns ist uneben wie der Kern einer Walnuß. So tief sind die Furchen, Nischen und Buchten, daß man nur eines Drittels der Gesamtoberfläche ansichtig wird und die übrigen zwei Drittel dem Auge verborgen bleiben. Eine besonders tiefe Einsenkung befindet sich in der Schläfenregion des Gehirns. Ein etwa 10 cm langer nahezu horizontal verlaufender Spalt (*Fissura Sylvii*) trennt hier den Schläfenlappen von den dahinter und darüber gelegenen Hirnteilen ab. Dieser Spalt bildet den Eingang zu einer Grube (*Fossa Sylvii*), in die man bequem die Finger seiner Hand bis zur Hälfte einsenken kann, um auf dem Grunde wiederum Hirnwindungen wahrzunehmen, die wegen ihrer Abgeschiedenheit ganz treffend als Inselwindungen bezeichnet werden. Die untere Fläche dieser Grube, die gleichzeitig die in der Tiefe der *Fossa Sylvii* verborgene Oberfläche des Schläfenlappens darstellt, zeigt nun ihrerseits wiederum charakteristische Unebenheiten, unter denen ein etwa kleinfingerdick sich plastisch heraushebender Wulst beim menschlichen Gehirn regelmäßig vorhanden ist: es ist die temporale Querwindung, die senkrecht zu der Sylvischen Spalte gestellt von der äußeren Konvexität des Gehirns in die Tiefe der Sylvischen Grube hinein bis zur Insel zieht, so daß von außen nur die kaum pfenniggroße Einmündungsstelle in den Schläfenlappen sichtbar ist. Auf der Oberfläche dieser Querwindung breitet sich die kortikale Hörsphäre aus und die wechselnde Lage und Ausdehnung dieser Windung gibt deshalb gleichzeitig ein anschauliches Bild von der Variationsbreite dieser Sinnessphäre. Sie ist über alle Erwartungen groß. Wir haben in der temporalen Querwindung die Stelle der Großhirnrinde vor uns, die am stärksten variiert. Bald ist diese Querwindung schmal und dürrig, bald voll und plastisch herausgewölbt und oft durch Gabelung zu einer Doppelwindung (Fig. 11) oder durch weitergehende dichotomische Teilung noch komplizierter geformt (Fig. 7), die Oberfläche vergrößernd, bald ist sie kurz und stößt dadurch senkrecht auf die Sylvische Spalte, indem sie unweit des hinteren Endes derselben in die äußere Konvexität des Gehirns einmündet (Fig. 3 schraffiert), bald zieht sie vom Ursprung auf dem Inselgrunde ein großes Stück zur Sylvischen Spalte parallel, um dann langgestreckt weit vorn am vorderen Ende des Schläfenlappens,

dem Schläfenpol, spitzwinkelig die äußere Konvexität zu erreichen (Fig. 6 schraffiert). Bei der Durchsicht einer sehr großen Anzahl menschlicher Gehirne haben sich Differenzen in

daß die eben gekennzeichneten weitgehenden Differenzen sich am menschlichen Gehirn schon im achten Schwangerschaftsmonat nachweisen lassen (Fig. 8 u. 9). Zwischen linker und rechter

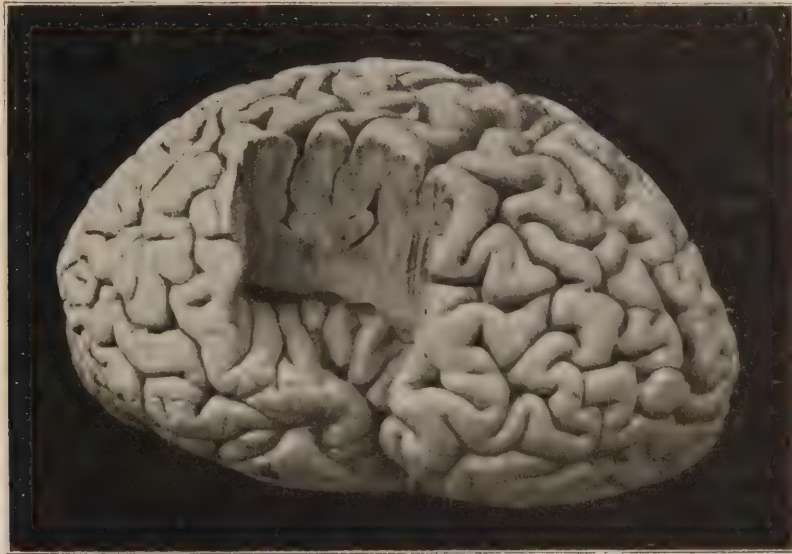


Fig. 1. Wohlgebaute temporale Querwindung (Hörspäre) in der linken Hemisphäre eines 40jährigen Mannes. Sie hält die Mitte zwischen dem Typus der flach abfallenden Querwindung und dem Typus der steil abfallenden Querwindung. Die Einmündungsstelle in die äußere Konvexität der 1. Schläfenwindung — durch einen aus der ersten Temporalfurche senkrecht aufsteigenden Sulcus acusticus äußerlich markiert — liegt im mittleren Drittel derselben. Typisch ist weiterhin, daß in der linken Hemisphäre nur eine Querwindung vorhanden ist.

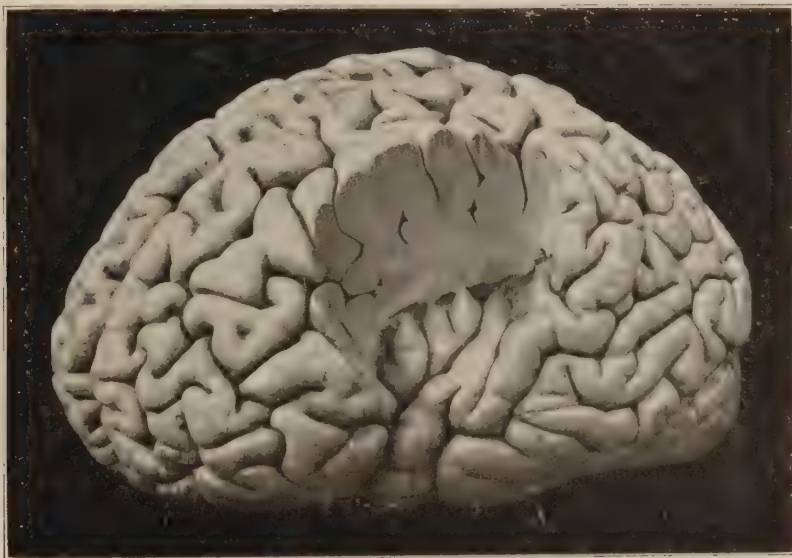


Fig. 2. Wohlgebaute temporale Querwindungen in der rechten Hemisphäre desselben 40jährigen Mannes von denen mit großer Wahrscheinlichkeit nur die vordere Querwindung zur Hörspäre gehört. Typisch ist weiterhin, daß in der rechten Hemisphäre zwei Querwindungen vorhanden sind.

der Längsausdehnung dieser Querwindung von 9 bis 60 mm ergeben. Wichtig war auch die Entdeckung, daß diese Konfiguration der Querwindung eine embryonale Frühbildung darstellt, so

Hemisphäre ergeben sich ebenfalls charakteristische Unterschiede. Während links in der Regel nur eine solche ausgeprägte Querwindung vorhanden ist, gibt es deren rechts meist zwei

(Flechsig), was bei der bekannten funktionellen Überwertigkeit der linken Hemisphäre über die rechte nicht ohne Bedeutung zu sein scheint (Fig. 1 u. 2). Wir wissen, daß die Hörstrahlung bei den Tieren sich noch über einen sehr großen Teil des Schläfenlappens ausbreitet. Bei dem Menschen ist der Hirnforschung der einwandfreie Nachweis gelungen, daß die Hörleitung sich nur auf der Oberfläche der Querwindung ausbreitet und dieses somit die „Kernzone der

zuweisen gelang¹⁾, vor Eintritt in die Großhirnrinde fächerförmig aufzuteilen und nach Eintritt in den unteren Schläfenlappen als geschlossene Markfaserlamelle von vorn unten her in die Querwindung einzutreten, so daß die Hörstrahlungsfasern bei ihrer Ankunft in der Hörsphäre parallel und staffelförmig aufgereiht erscheinen wie die Saiten eines Klaviers (Fig. 4 u. 5).

Die Hirnpsychologie und deren hier in Betracht kommendes Grenzgebiet der Hirnneurologie

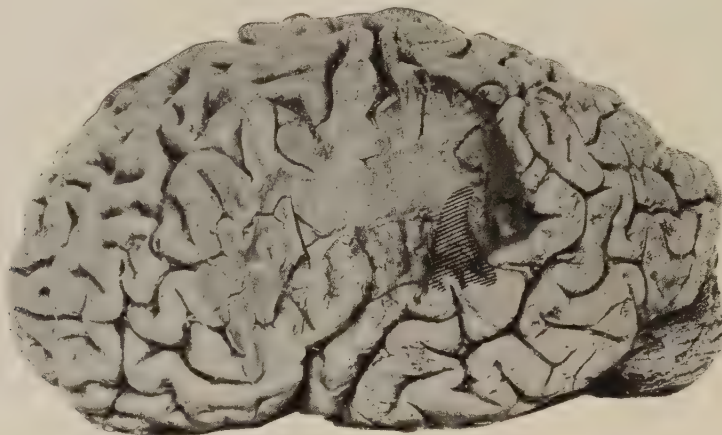


Fig. 3. Gehirn eines 77 Jahre alten Handwerkers. Linke Hemisphäre. Insel und vordere Querwindung durch Entfernung eines entsprechenden Rindenteiles freigelegt. Typus der flach abfallenden Querwindung. Querwindung (schraffiert) sehr kurz (23 mm) und sensu strictiori „quer“, d. h. nahezu rechtwinklig zur Längsausdehnung der ersten Temporalwindung verlaufend.



Fig. 4 und 5. Nach mikroskopischen Faserpräparaten plastisch modellierte Form der Hörmarklamelle des Gehirns (linke Hemisphäre) beim Typus der flach abfallenden Querwindung. Letzter Abschnitt der Hörbahn in ihrem Verlauf nach dem Schläfenlappen von vorn (Fig. 4) und von hinten (Fig. 5). 1 = Weg durch die sogenannte innere Kapsel. 2,5 = Zuleitung für die tiefsten Töne. 3,6 = Zuleitung für die höchsten Töne. 4 = Kappenbildung über den sogenannten Linsenkern. 9 = Endigung der Hörstrahlung in der temporalen Querwindung.

Hörsphäre“ (v. Monakow) darstellt. Der Eintritt in diesen Endausbreitungsbezirk erfolgt aber nun nicht so, daß die Hörbahn am Grunde der Insel in die Querwindung eintritt und in ihrer Längsrichtung verlaufend sich etwa aufteilt wie der Stiel in einer Weintraube, sondern daß der Hörnerv drehend aus dem Sinnesorgan austritt, mehrfach durch Zellgruppen unterbrochen zentralwärts zieht, um sich alsdann, wie mir nach-

wird nicht umhin können, von diesen rein anatomischen Tatsachen Kenntnis zu nehmen, um nun ihrerseits eine Deutung in funktioneller Hinsicht zu versuchen. Als Kollektivwissenschaft wird sie

¹⁾ Myelogenetisch-anatomische Untersuchungen über das kortikale Ende der Hörleitung. Abhandl. d. math.-phys. Klasse der Sächs. Akademie d. Wissenschaften, 1920, Bd. 37.

dabei jede andere Disziplin mit Nutzen zu Rate ziehen, die hierüber Aufschluß geben könnte.

Nun hat bereits *Henschen* (Stockholm) im Jahre 1918 unter Verarbeitung des gesamten bisher bekanntgewordenen Materials der Hirnpathologie eine Theorie der physiologischen Einglieder-

erkrankungen so umfassender Art bekanntgeworden sind, daß die Hörsphäre aus ihrem assoziativen Zusammenhang mit der übrigen Hirnrinde förmlich herausgelöst und nur noch ihr Zusammenhang mit der Hörleitung gewahrt zu sein schien. Solche Kranke gaben in ihren Aus-

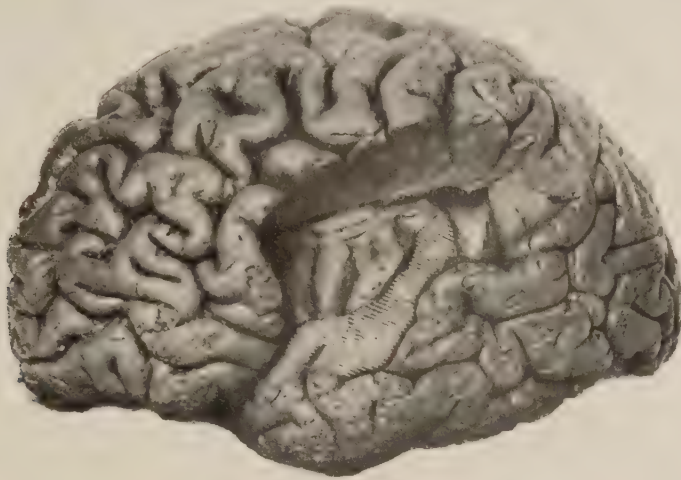


Fig. 6. Gehirn des schon in frühester Jugend als musikalisches Wunderkind berühmt gewordenen Musikers *Sökeland*. 27 Jahre alt. Linke Hemisphäre. Insel und vordere Querwindung durch Entfernung eines entsprechenden Rindenteiles freigelegt. *Typus der steil abfallenden Querwindung*. Querwindung (schraffiert) sehr groß (52 mm), langgestreckt, spitzwinkelig zur Längsausdehnung der ersten Temporalwindung verlaufend. Einmündungsstelle in die äußere Konvexität der Temporalwindung dicht am Schläfenpol.

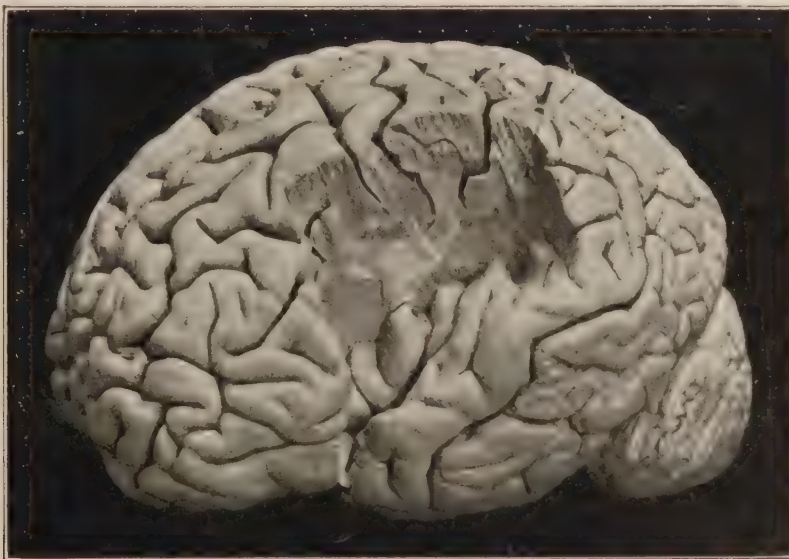


Fig. 7. Gehirn eines durch Sturz aus dem Fenster tödlich verunglückten, musikalisch hochbegabten Studierenden der Musik. 23 Jahre alt. *Variationstypus mit ausgesprochener Tendenz umschriebener Oberflächenvergrößerung des Gehirns (Hörsphäre) durch dichotomische Gliederung der temporalen Querwindung*. Die Querwindung gabelt sich in der Tiefe der Fossa Sylvii zum ersten Male und der vordere Gabelast in der Nähe der äußeren Konvexität des Schläfenlappens zum zweiten Male.

rung der Hörsphäre in die Gesamtmechanik des Gehirns aufzustellen versucht. Er geht dabei von der Anschauung aus, daß die kortikale Hörsphäre schlechterdings kein psychisches Zentrum im strengen Sinne des Wortes sein könne, und zwar deshalb nicht, weil gelegentlich Schläfenlappen-

drucksbewegungen mit aller Deutlichkeit kund, daß sie noch hörten, aber nichts sprach für die Annahme, daß sie das, was sie hörten, hätten irgendwie geistig verarbeiten können. Inhalt, Bedeutung und Art des akustischen Reizes blieb ihnen fremd. Ein solcher Kranker erinnert ge-

wissermaßen an den von *Goltz* operierten großhirnlosen Hund, der auf Geräusche, wie Blasen mit Trompete, sich auch noch von seinem Lager erhob und Fluchtbewegungen ausführte, aber zu einer weiteren psychischen Verarbeitung der akustischen Reize nicht gelangte. Ob man zugestehen will, daß ein Mensch mit von der übrigen Temporalrinde isolierten Querwindungen (Hörsphären) überhaupt noch hört, hängt davon ab, was man unter Hören versteht. Eine Art von Hören ist es, aber es wird kein Sinn mit den Geräuschen oder Tönen verbunden. Es muß die einfachste Art von Empfinden der Geräusche sein, die sich dem Reflex nähert — es ist eine Art Hirnreflex. Die eigentliche Bedeutung der Hörsphäre ergibt sich deshalb nach *Henschen* erst aus dem funktionellen Zusammenhang mit der übrigen Hirnrinde. Für sie ist die Hörsphäre ein Transformator großen Stils und dadurch gleichzeitig eine Reizverteilungsstelle. In ihrem Funktionsbereich werden die ankommenden akustischen Reize qualitativ aussortiert, und je nachdem es sich um Sprachlaute bzw. Wortklänge einerseits oder reine Töne, Intervalle, Melodien

windung macht es wahrscheinlich, daß die kortikale Hörsphäre eben doch funktionell mehr bedeutet als eine bloße Eintrittsstelle für die akustischen Reize. Die Ausbreitung der Hörsphäre über diese Hirnwindung, die sich schon äußerlich von ihrer Umgebung plastisch abhebt, machte es besonders leicht, unter Beachtung ihrer Konfiguration und Größenausdehnung die Variation der Hörsphäre zu studieren. Dabei hat sich ergeben, daß Musiker eine besonders wohlgeformte und mit Zellen reich ausgestattete Hörwindung besitzen, so daß diese als der morphologische Ausdruck einer spezifischen Befähigung angesprochen werden kann (Fig. 6, 7, 9 u. 11). Dafür spricht auch ihre Frühanlage beim menschlichen Embryo mit den hier schon zu beobachtenden großen individuellen Unterschieden (Fig. 8 u. 9). Beobachtungen von Kranken mit partiell zerstörter Hörsphäre haben an

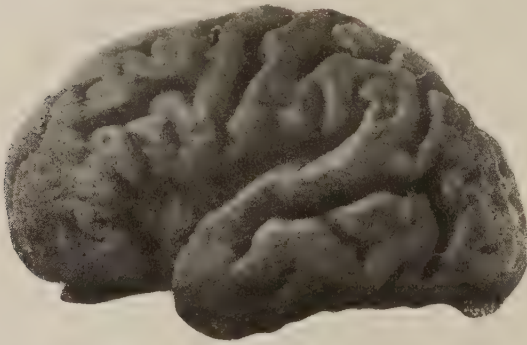


Fig. 8. Männliches Gehirn im 8. Fötalmonat. Nach *Retzius*. Bereits ausgesprochener Typus der flach abfallenden Querwindung. Temporale Querwindung sehr kurz, nahezu rechtwinkelig zur Längsausdehnung der ersten Temporalwindung verlaufend und in das hintere Drittel derselben einmündend.

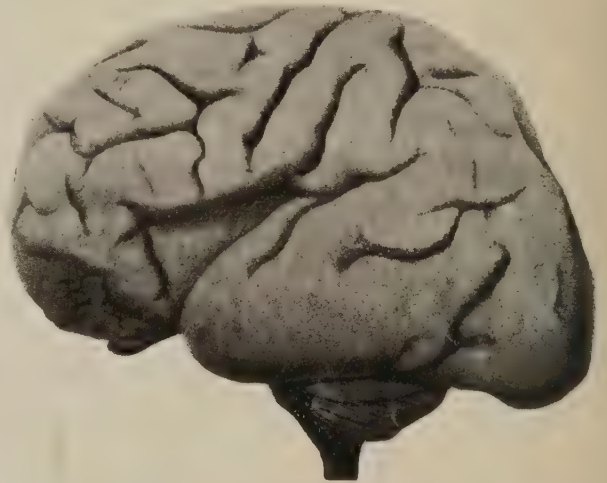


Fig. 9. Männliches Gehirn im 8. Fötalmonat. Nach *Retzius*. Bereits ausgesprochener Typus der steil abfallenden Querwindung. Temporale Querwindung sehr groß, langgestreckt, spitzwinkelig zur Längsausdehnung der ersten Temporalwindung verlaufend. Einmündungsstelle der Querwindung in die äußere Konvexität der Temporalwindung dicht am Schläfenpol.

und Harmonien andererseits handelt, nach getrennten Partien der Großhirnrinde weitergeleitet. So entsteht, wenn wir uns der Einfachheit halber auf die linke Hemisphäre beschränken, im Schläfenlappen ein *hinter* der Querwindung gelegenes psychisches Zentrum für die Wortklänge und ein *vor* der Querwindung gelegenes Zentrum für die Musikklänge. Beide Zentren sind ihrerseits aber wiederum nur Zwischenstation, um die akustischen Reize für die Weiterleitung nach psychisch höheren Zentren in der Hirnrinde zu transformieren, als welche das Wortsinnzentrum einerseits (im hinteren Drittel des Schläfenlappens) und das Musiksinnzentrum (am Schläfenpol) andererseits in Frage kommen.

Die Folgezeit hat dieser Auffassung *Henschens* nicht in allen Punkten recht geben können. Die große Variationsbreite der Quer-

dem später erhobenen mikroskopischen Sektionsbefund erkennen lassen, daß innerhalb der menschlichen Hörsphäre des Gehirns eine getrennte Lokalisation der hohen und tiefen Töne existiert, und zwar, wie ich fand²⁾, die hohen Töne in den medialen Abschnitten der Querwindung, d. h. auf dem Inselgrunde, und die tiefen Töne in den lateralen Abschnitten der Querwindung, d. h. nach der äußeren Konvexität des Schläfenlappens zu. Zieht man in Betracht, wie stark gerade die Stelle ihrer Lage nach wechselt, wo der *laterale* Abschnitt der Querwindung die äußere Konvexität des Gehirns erreicht (bald im hinteren, bald im mittleren, bald im vorderen Drittel des Schläfenlappens, je nach

²⁾ Die Lokalisation der Tonskala innerhalb der kortikalen Hörsphäre des Menschen. Monatsschr. f. Psychiatrie, 1921, Bd. 50.

Größe und Lage der Querwindung), so leuchtet ein, daß damit besonders der Ort für die Zuleitung der tiefen Töne, eben weil er an den äußeren Abschnitt der Querwindung gebunden ist, in verschiedenen Gehirnen auch verschieden ange-

Beim Musikergehirn liegt die Einmündungsstelle des lateralen Abschnittes der Querwindung in die äußere Konvexität des Gehirns nicht selten in der Nähe des Schläfenpols, so daß dessen Verletzung eine direkte Unterbrechung der Hör-

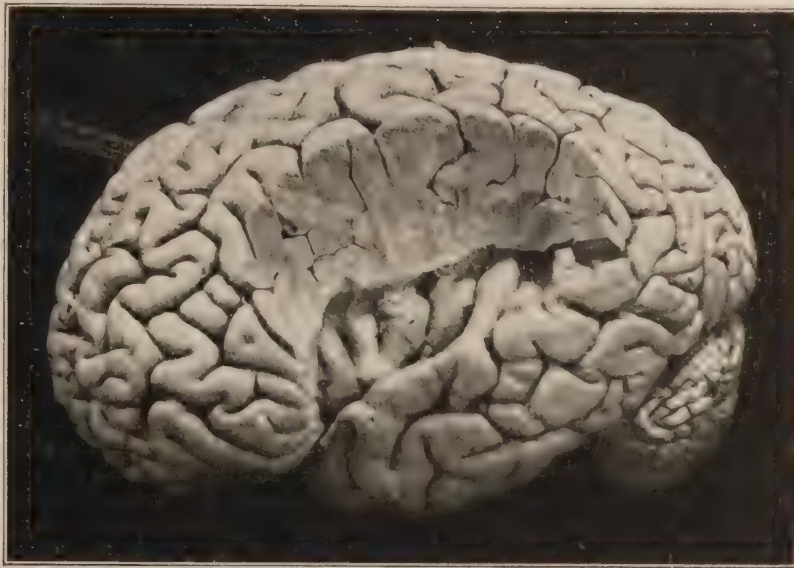


Fig. 10. Gehirn eines 55jährigen Professors der Musik, welcher mit 12 Jahren erfolgreich öffentlich auftrat und mit 19 Jahren als Chordirigent und zweiter Kapellmeister nach Weimar und später nach Leipzig berufen wurde. Der Melodienreichtum seiner Kompositionen (Opern) wurde von *Franz Liszt* und *Rich. Strauß* bewundernd anerkannt. Die linke Hemisphäre zeigt eine wohlgebaute temporale Querwindung ohne wesentliche Besonderheiten. (Vgl. Fig. 1.)

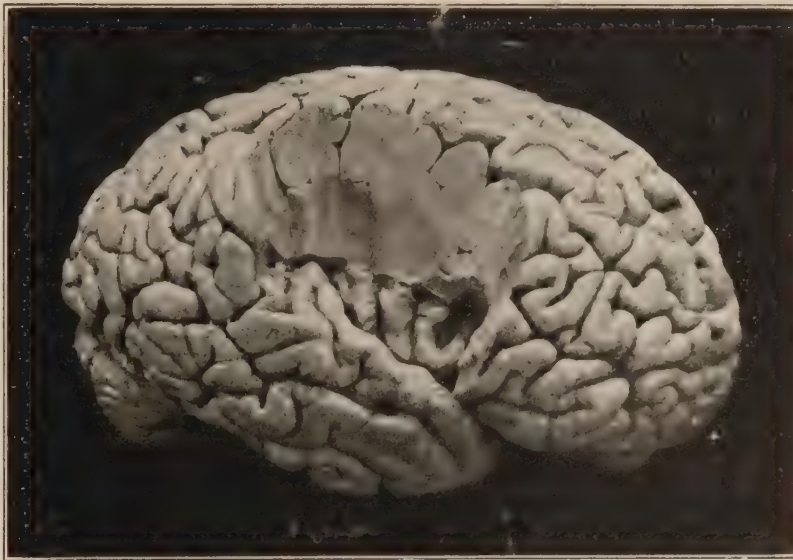


Fig. 11. Rechte Hemisphäre desselben Musikergehirns wie in Fig. 10. Die temporale Querwindung zeigt die Tendenz der Oberflächenvergrößerung durch Gabelung. Nach *Henschen* gibt die Hirnpathologie einen Fingerzeig, in der Richtung, daß Violinvirtuosen eine Gehirnorganisation nach Art der Linkshänder besitzen. Möglicherweise liegt hier ein solcher Typus des Musikergehirns vor.

troffen werden muß. Die Querwindung dreht sich förmlich wie ein Uhrzeiger um einen ruhenden Punkt auf dem Inselgrunde, der als Sitz der hohen Töne in seiner Lage nur wenig variiert.

strahlung bzw. Zerstörung der Hörsphäre bedeutet, und zwar vorwiegend im Bereiche der tiefen Töne. Aus dem Ausfall der tiefen Töne resultiert notgedrungen Melodientaubheit, weil die Kranken an

Stelle der ausgefallenen tiefen Töne deren viel höher gelegene Obertöne wahrnehmen, so daß dadurch eine Verstümmelung der Tonfolgen bis zur Unkenntlichkeit entsteht. Von selbst ergaben sich bei der klinischen Beobachtung Differenzen, die auf den getrennten Ausfall der hohen und tiefen Tonlagen schließen ließen. Bei durch Schlaganfall am Sprechen verhinderten Kranken benutzte man gelegentlich neben dem Singen auch das Pfeifen als Prüfungsmittel und fand, daß Kranke, die beim Singen melodientaub waren, noch richtig pfeifen konnten (*Moutier*). Man pfeift nämlich in der Regel 2 bis 3 Oktaven höher als man singt, das Kunstpfeifen zeichnet sich sogar durch sehr hohe Tonlagen aus. Gewöhnlich fängt man aber dort an zu pfeifen, wo man aufhört zu singen. Aus dem Verlust der tiefen und dem Erhaltensein der hohen Töne erklärt sich deshalb die Störung ausreichend. In die gleiche Richtung fällt auch die häufig gemachte Beobachtung, daß Leute, die als stocktaub galten, gelegentlich auf das Summen einer Fliege oder das Klirren eines Schlüsselbundes reagierten, eben wegen der in diesen Geräuschen enthaltenen hohen Töne. Der Fortschritt in der Erkenntnis war für die Wissenschaft um so größer, als für das Sehorgan eine streng lokalisatorische Zugehörigkeit zur kortikalen Sehsphäre schon längst anerkannt ist, so daß die Entdeckungen an der Hörsphäre von prinzipieller Bedeutung für die Mechanik der Gehirntätigkeit überhaupt geworden sind.

Zusammenfassend kann man jedenfalls sagen, daß, wenn man wegen der streng lokalisatorischen Zugehörigkeit bestimmter Abschnitte der Netzhaut des Augenhintergrundes zu bestimmten Abschnitten der kortikalen Sehsphäre von einer kortikalen Retina sprechen zu können glaubt, man in gleichem Sinne wegen der streng lokalisatorischen Zugehörigkeit bestimmter Abschnitte der Schnecke im Ohr zu bestimmten Abschnitten der Hörsphäre auch von einer strengen Projektion des peripheren akustischen Aufnahmeapparates auf die Hirnrinde, d. h. von einer kortikalen Cochlea reden kann.

Besprechungen.

Schaefer, Clemens, Einführung in die theoretische Physik. In zwei Bänden. Zweiten Bandes erster Teil: Theorie der Wärme, molekular-kinetische Theorie der Materie. Berlin, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1921. X, 562 S. und 71 Figuren. Preis geh. M. 75,—; geb. M. 85,—.

Stellt man sich, wie *Clemens Schaefer*, die Aufgabe, das gesamte Gebäude der theoretischen Physik lehrbuchmäßig zu behandeln, so kann die Verwirklichung erst dann endgültig begutachtet werden, wenn alle Teile vorliegen. Erst dann zeigt sich, ob das Gebäude in den großen Zügen die richtigen Proportionen aufweist, das frühere Urteil kann nur Stil und Zweck der enthüllten Teile betreffen. Wenn es jedoch berechtigt ist, aus des zweiten Bandes erstem Teil

zu schließen, so setzt sich der Baumeister in diesem Fall ohne Skrupel über die Beschränkung hinweg, die er sich anfangs selbst mit den Worten: „in zwei Bänden“ auferlegt hatte. Dieser „erste Teil“ ist ein voll ausgewachsenes Buch, was Inhalt wie Umfang anlangt, und wenn Maxwellische Theorie, Optik und Atomistik (Quantenlehre) in ebenbürtiger Behandlung folgen sollen, so darf der Leser wohl noch zwei ausgewachsene andere Teile dieses Bandes erwarten. Das mehrflügelige Gebäude, das so entsteht, verspricht durchaus harmonisch zu wirken. Hoffen wir, daß durch die Überschreitung des Kostenvoranschlages nicht zu viele am Eintritt verhindert werden.

Vom vorliegenden Bande behandelt etwas mehr als die Hälfte Thermodynamik, der Rest Gastheorie und allgemeine Statistik. Die Darstellung ist behaglich breit, nicht ohne gelegentliche Wiederholungen, aber nirgends schleppend. Ich habe den Eindruck, daß es ein ausgezeichnetes Buch zum Lernen ist. Hierin unterscheidet es sich von der gleichzeitig im selben Verlag erschienenen Einführung in die theoretische Physik von *A. Haas*, die ich neulich (dieser Jg. S. 776) in dieser Zeitschrift besprochen habe. Wie dort hervorgehoben wurde, zielt das Haassche Buch in bewußter Kürze darauf hin, die *logisch notwendigen* Unterlagen zum Verständnis der neueren physikalischen Theorien zu geben und erfüllt für die klassischen Teile mehr die Aufgabe einer gedrängten Übersicht. *Clemens Schaefer* hingegen bringt auch die *didaktisch notwendigen* Beispiele sowie diejenigen Teile der Theorie, die, ohne von augenblicklichem besonderen Interesse zu sein, in einem vollständigen Lehrgang der theoretischen Physik nicht fehlen dürfen. In der Thermodynamik sind diese Teile besonders wesentlich, um von den allgemeinen abstrakten Sätzen auf die experimentell zugänglichen Größen hinzuführen und an Hand charakteristischer Meßreihen eine Diskussion durchzuführen.

Im ganzen schließt sich die Schaefer'sche Thermodynamik an die Werke von *Planck* und von *Nernst* an.

Es ist schade, daß nicht neben den zahlreichen Anwendungen auf chemische Prozesse, die die Methoden der physikalischen Chemie gut verdeutlichen, auch in die technische Thermodynamik der Ingenieure an Hand von Beispielen eingeführt wird.

Die „molekular-kinetische Theorie der Materie“ beginnt mit einer elementaren Darstellung der Gastheorie, schreitet dann zum *H-Theorem* und zur allgemeinen statistischen Mechanik fort und endet mit einem Kapitel über das Eingreifen der Quantentheorie. Die beiden Klippen, die hier drohen, scheinen mir glücklich vermieden: weder ist die Darstellung unstreng, noch wird der Anfänger durch mengentheoretische und logische Spitzfindigkeiten abgeschreckt und aufgehalten, deren physikalischer Wert fragwürdig ist. Das letzte Kapitel über Quantentheorie betrifft nur die Veränderungen, die an der statistischen Behandlung infolge anderer Grundlagen über die Gleichwahrscheinlichkeit eintreten (spez. Wärme, chem. Konstante) — während die Quantentheorie erst im folgenden Teilband zu selbständiger Behandlung kommen soll. Es ist von hohem Wert für den Studierenden, mit der rein thermodynamischen Betrachtungsweise hier zum erstenmal die statistische in einem Lehrbuch vereinigt zu finden. Letztere vermittelt uns heute, wo die Atomistik nicht mehr Hypothese ist, das eigentliche tiefere Verständnis, indem sie den Mechanismus des thermodynamischen Geschehens aufdeckt.

Die Ansprüche an Vollständigkeit, die an ein Lehr-

buch vom Schlage des Schaeferschen zu stellen sind, scheinen mir befriedigt zu sein. Immerhin würde es den allgemeinen Teil über Thermodynamik bereichern, wenn über die Fassung von *Carathéodory* berichtet würde, von der neuerdings auch *Born* eine Darstellung gegeben hat, und die — mag sie auch dem physikalischen Chemiker sehr fremd erscheinen — vom mathematisch-theoretischen Standpunkt aus höchst bemerkenswert ist. Bei der elementaren Gastheorie sollte ein Paragraph über die Erscheinungen nicht fehlen, die an die Namen *Knudsen* und *Smoluchowski* anknüpfen; ebenso wenig bei der Boltzmannschen Integralgleichung für die Verteilungsfunktion der Hinweis, daß sie den Ausgangspunkt für *Hilberts* systematische Entwicklung der Gastheorie bildet; auch den Zusammenhang mit den hydrodynamischen Gleichungen sah ich nicht erwähnt.

Trotz der Gewohnheit des Verfassers, mathematische Formeln peinlich exakt zu schreiben und im Text ausführlich ihren Inhalt zu erklären, ist an einer wichtigen Stelle eine Schreibweise stehen geblieben, die zwar in der physikalisch-chemischen Literatur üblich, aber an sich wenig schön und jedenfalls nur mit genügender Erklärung verständlich ist: bei der chemischen Affinität *A*. Aus einer Differentialgleichung (der Helmholtzschen Gleichung für die maximale Arbeit) erhält man durch Integration bei konstantem Volumen den Ausdruck, der herkömmlicherweise geschrieben wird:

$$\frac{A}{T} = - \int \frac{Q}{T^2} dT + J$$

Q ist die Wärmetönung bei konstantem Volumen, *J* die Integrationskonstante, die sich durch die chemischen Konstanten der Reaktionsteilnehmer ausdrückt. Offenbar widerspricht diese Schreibweise den mathematischen Gepflogenheiten, da die Hinzufügung einer Integrationskonstante (von später zu bestimmendem Betrag) ohne Angabe einer unteren Grenze für das Integral sinnlos ist. Wenn selbst die Schreibweise der Chemiker beibehalten werden sollte — was ja manches für sich hat —, so durften doch eingehende Erklärungen zu diesem Punkt nicht fehlen, ohne das Verständnis des wichtigen Paragraphen über die chemische Konstante durch eine bei *Schaefer* sonst ungewohnte Unexaktheit zu gefährden.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das Schaefersche Buch, soweit es erschienen ist, dem — durchaus zu bejahenden — Bedürfnis nach einem pädagogisch und sachlich gut durchgearbeiteten modernen Lehrgang der theoretischen Physik nachkommt.

P. P. Ewald, Stuttgart.

Smits, A., Die Theorie der Allotropie. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1921. XVI, 500 S. und 239 Figuren im Text. Preis geh. M. 100,—; geb. M. 110,—.

Im Jahre 1910 hat der Verfasser seine bekannte Theorie der Allotropie aufgestellt, die sich auf den Gedanken gründet, daß die beiden Modifikationen Lösungen verschiedener Moleküle derselben Stoffart darstellen, die ineinander übergehen können und sich in einem beweglichen Gleichgewicht befinden. Bei der Umwandlung befindet sich nun einfach ein Sättigungspunkt, bei dem aus der einen Modifikation als Lösung gewisse Molekülarten in einer anderen festen Lösungsphase ausgeschieden werden, die die zweite Modifikation bilden. Der Grund für die „Phasenallotropie“ liegt in der „Molekularallotropie“. Mit Hilfe dieses

Ansatzes konnte die Allotropie recht einheitlich schematisch gedeutet werden; es ergaben sich aus ihm einige Folgerungen, die der Verfasser seitdem mit seinen Schülern an verschiedenen Stoffen bestätigen konnte. Auch hat er seine Theorie inzwischen auf elektrolytische Vorgänge und auf das Problem der Passivität angewandt.

Unter Berücksichtigung aller bisherigen Ergebnisse wird in dem vorliegenden Buch die Theorie systematisch entwickelt, es werden die wichtigsten experimentell durchgeführten Arbeiten zur Prüfung der Theorie beschrieben, und es werden die Schwierigkeiten der Theorie, zum Beispiel von seiten der neuen röntgenometrischen Erforschung der Kristalle her, besprochen.

Die Stellungnahme der Wissenschaft der Theorie von *Smits* gegenüber war bisher eine sehr zögernde und unsichere. Das lag einmal daran, daß die Theorie einer unmittelbaren experimentellen Grundlage entbehrte, wie es sein mußte und wie es so lange bleiben muß, als wir die homogenen Gleichgewichte in den einzelnen Modifikationen nicht direkt bestimmen können. Zweitens konnte die — zunächst nur indirekte — Bestätigung der Theorie in einzelnen Fällen noch nicht als Beweis ihrer Gültigkeit in der allgemeinen Form gelten, standen doch dem gewisse theoretische Schwierigkeiten entgegen. Ferner bedeutete die Theorie die Annahme innerhalb aller Modifikationen einer Reihe von Vorgängen, die sonst vielfach in keiner Weise nachgewiesen waren, nämlich der homogenen Umwandlungen. Diese nicht unerhebliche Komplikation wollte man nicht allgemein akzeptieren, ehe ihre Notwendigkeit sicher nachgewiesen war.

Bei der großen sowohl theoretischen wie auch praktischen (man denke nur an die Eisen-Kohlenstoff-Legierungen) Bedeutung dieser Fragen ist dieser Zustand der Unsicherheit außerordentlich lästig. Deshalb wird jeder Physiko-Chemiker und jeder, der sich für das Problem der Allotropie interessiert, die Gelegenheit wahrnehmen, um an der Hand der in dem Buch von *Smits* gebotenen systematischen Darstellung sich bequem über den gegenwärtigen Stand der Frage zu unterrichten.

Bei einer derartig schwebenden Frage ist eine völlig objektive Darstellung kaum möglich. Auch ist das Buch insofern subjektiv geschrieben, als in erster Linie — selbstverständlich unter Würdigung der Schwierigkeiten — das zusammengetragen wurde, was als Stütze der Theorie anzusehen ist. In diesem Fall ist eine derartige Darstellungsform natürlich und gerechtfertigt, weil die Zeit für eine abgeklärt objektive Darstellung noch nicht gekommen ist.

Die Darstellung — wie auch die ganze Theorie — zeigt deutlich das Gepräge der großen thermodynamischen Schule von *Roozboom* und *van der Waals* mit ihrer Meisterschaft in der phasentheoretischen Behandlung des Materials, die jedoch zuweilen zu einer Schwäche in der Neigung zur rein formalen thermodynamischen Betrachtungsweise ausarten kann. Das Buch ist klar, ausführlich und eindringlich geschrieben.

Die deutsche Wissenschaft ist den holländischen Gelehrten für die Veröffentlichung vieler Originalarbeiten und zusammenfassender Schriften in deutscher Sprache zu großem Dank verpflichtet. Zu bedauern sind jedoch die nicht seltenen sprachlichen Härten und Schnitzer, die sich auch in diesem Buche vorfinden.

G. Masing, Berlin.

Mitteilungen aus dem Gebiete der Röntgenstrahlen.

Die geometrischen Erscheinungen bei den *Interferenzen der Röntgenstrahlen in Kristallen* wurden bekanntlich durch die von *Laue* gleichzeitig mit den Versuchen selbst veröffentlichte Theorie völlig erklärt. Nicht so die *Intensitäten*, deren theoretische Durchdringung ein erheblich schwierigeres und bis heute nur unvollkommen gelöstes Problem darstellt. Die ersten Erfolge über die Laueschen Formeln hinaus bildeten die Betrachtungen von *H. A. Lorentz* und *P. Debye*. Der erstere sucht bei einem Interferenzstrahl, also bei der „Reflexion“ einer gewissen Ordnung, die *Gesamtheit* des Beugungseffektes zu erfassen, indem bei der Intensitätsermittlung auch diejenigen Richtungen berücksichtigt werden, die *abseits* vom Maximum der Beugungserscheinung liegen — es handelt sich also um die *Integration* des von *Laue* aufgestellten Ausdrucks der Intensität über die zur eigentlichen Interferenzrichtung benachbarten Richtungen. Das Ergebnis dieser Rechnung (veröffentlicht von *Debye*, Ann. d. Phys. 43, 93, 1914) ist in kubischen Kristallen bei konstanter Wellenlänge der Faktor $\frac{1}{\sin^2 \theta}$ (θ = Einfallswinkel gegen spiegelnde Ebene), bei beliebiger Wellenlänge $\frac{1}{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2}$, wo (h_1, h_2, h_3) das Ordnungstriplett der Interferenz ist. Durch diesen Faktor in erster Linie wird die Anzahl der überhaupt auftretenden Interferenzen auf solche von niedriger Ordnung beschränkt, auch wenn die auffallende „weiße“ Röntgenstrahlung (in der Laueschen Versuchsanordnung) ein sehr ausgedehntes Spektralgebiet umfaßt.

Der „*Debyesche Faktor*“ drückt einen ganz andern physikalischen Gedanken aus: durch die Wärmebewegung, welche bei gewöhnlicher Temperatur die Atomabstände bis 10 % gegen ihren Normalwert ändern kann, wird die Regelmäßigkeit des Kristallgitters erheblich gestört, oder in der Sprache der Reflexionsauffassung: es werden die spiegelnden Flächen des Kristalls aufgeraut. Das Reflexionsvermögen der Gitterebenen und damit die Intensität der abgespaltenen Strahlen nehmen bei steigender Temperatur hierdurch ab. Die mathematische Gesetzmäßigkeit drückt sich in kubischen Kristallen durch eine Exponentialfunktion aus: $e^{-B(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2)}$, wo *B* umgekehrt proportional der absoluten Temperatur ist. Dabei macht es noch einen Unterschied, ob man eine „*Nullpunktsenergie*“ der Atome (d. h. ein gewisses Maß von Bewegung auch bei der Temperatur $T = 0$) annimmt, oder nicht, und es dürfte erinnerlich sein, daß man 1914 gehofft hatte, durch Messung des Temperaturverhaltens der Interferenzerscheinung einen Entscheid jener damals besonders brennenden Frage zu gewinnen. Die Meßgenauigkeit reichte jedoch dazu nicht aus. Inzwischen hat die Frage nach der Nullpunktsenergie an Interesse eingebüßt, da wesentliche Gründe, die damals für ihre Einführung zu sprechen schienen, fortgefallen sind (z. B. in der Theorie der spez. Wärme) und man andererseits mit großem Erfolg angefangen hat, den von der Temperatur unabhängigen Energieinhalt des Atoms in seinen verschiedenen Quantenzuständen zu erforschen.

Die beiden genannten Faktoren erklären das Geringerwerden der Intensität mit zunehmendem Reflexionswinkel θ in groben Zügen. So nahm *W. H.*

Bragg als „*Normalabfall*“ der Reflexionen 1. bis 5. Ordnung an der Würfelfläche eines kubischen Kristalls für *Rh*-Eigenstrahlung ($\lambda = 0,615 \text{ \AA}$) und Zimmertemperatur folgende experimentelle Verhältniszahlen an:

Ordnungszahlen der Reflexion	(100)	(200)	(300)	(400)	(500)
Intensitäten	100	20	7	3	1

Diese Zahlen sind annähernd proportional zu $\frac{e^{-4 \sin^2 \theta}}{\sin^2 \theta}$. Der Normalabfall dient bekanntlich zur Wertung der tatsächlich beobachteten Intensitäten. Abweichungen davon weisen auf ungleiche Abstände oder Belastungen der reflektierenden Netzebenen hin und somit auf eine komplizierte Struktur; diese wird aus den Abweichungen bestimmt.

Überprüft man jedoch die Intensitäten genauer; so finden sich systematische Abweichungen von der einfachen Formel, auch wenn die Kristallstruktur für Röntgenzwecke als einfach kubisch aufgefaßt werden kann (*Sylvin*), oder wenn man durch Anwendung des „*Strukturfaktors*“ bei einer durch Symmetrie völlig festgelegten Struktur die Intensitäten auf den Fall eines einfachen kubischen Gitters umrechnet. Der Grund ist in *allerlei Vernachlässigungen* bei der Ableitung der obigen Formel zu suchen. Einmal ist es die *gegenseitige Einwirkung der Atome*, welche die Lauesche Theorie nicht kennt. Für den Fall der Reflexion ist dieser Einfluß von *Darwin* (Phil. Mag. 27, 315, 1914), später für die allgemeine Interferenzerscheinung von *Ewald* (Ann. d. Phys. 54, 519, 1917) berücksichtigt worden und die Präzisionsmessungen an Röntgenspektren im Lunder Laboratorium (*Siegbahn* und *Schüler*) scheinen Bestätigungen dieser Wechselwirkung zu erbringen. — Sodann findet eine *Absorption* der Röntgenstrahlung im Kristall statt, deren Betrag von der Eindringungstiefe und dem Einfallswinkel auf die Oberfläche abhängt. — Schließlich besteht eine von *Darwin* eingeführte Annahme vermutlich zu Recht, daß man selbst einen äußerlich (und optisch) störungsfrei gewachsenen Kristall nicht als einheitliches Raumgitter auffassen darf, sondern anzunehmen hat, daß er aus Teilen von geringer Ausdehnung besteht, die *nur annähernd parallel verwachsen* sind. Bei der großen Empfindlichkeit der Röntgenreflexion gegen geringste Änderungen des Neigungswinkels genügen diese optisch meist nicht mehr wahrnehmbaren Verwerfungen, um dem einheitlichen Kristall etwas von dem Wesen eines mikrokristallinen Gefüges zu geben — indem beim Drehen einer Kristallfläche durch den Reflexionsbereich bald hier bald dort ein Flächenelement zur Reflexion gelangt. Diese Fehlerhaftigkeit der Kristalle tritt deutlich bei den Spektrogrammen hervor, die *Seemann* im Jahre 1914 veröffentlicht hat (Phys. Ztschr. 15, 794) und aus denen er auf die Existenz einer Unzahl von Emissionslinien im kontinuierlichen Röntgenspektrum schließen wollte — ein Irrtum, der bald von *E. Wagner* als Folge der Verwerfungen im Kristall aufgeklärt wurde. Diese Verwerfungen können bei stillstehendem Kristall das scheinbare Reflexionsvermögen einer Kristallfläche infolge der Beteiligung irregulärer Elemente der Oberfläche erhöhen.

Als letzte und wichtigste Ursache für anomalen Intensitätsabfall bei höheren Ordnungen ist die *räumliche Ausdehnung der Atome* aufzuführen, welche ver-

bietet, ein Atom als einfachen Dipol, d. h. als Ausgangspunkt einer einzigen einfachen Kugelwelle anzusehen, wie es meist geschieht. Zwar hat *Laue* in seiner ursprünglichen Theorie beim Ausstrahlungsvermögen des einzelnen Atoms einen Faktor ψ unbestimmt gelassen, der von der Richtung der einfallenden und der austretenden Wellen abhängt und eben den Interferenzeffekt der verschiedenen Dipole im einzelnen Atom, d. h. seiner räumlich getrennt schwingenden Elektronen, darstellen sollte — aber es ist bis in die neueste Zeit nicht möglich gewesen, von diesem Faktor wirklich Gebrauch zu machen. Erst seitdem unsere sonstigen Vorstellungen vom Aufbau der Atome aus Elektronen an Genauigkeit gewonnen haben, sucht man das Lauesche ψ mit diesen Anschauungen in Zusammenhang zu bringen. So hat bekanntlich *Debye*, z. T. gemeinsam mit *Scherrer*, den Interferenzeffekt theoretisch wie experimentell untersucht, der von den räumlich getrennten Elektronen im Atom herrührt — insbesondere bei Lithiumfluorid.

In Flüssigkeiten und wahren „amorphen“ festen Körpern (wenn es überhaupt solche gibt, in denen die Atome auch in kleinsten Teilen der Materie regellos nebeneinander liegen) überlagern sich die Wirkungen von Atom zu Atom ohne feste Phasenbeziehung, und der Interferenzeffekt der Elektronenanordnung im Atom macht sich nur als Mittelwert im „Streuungsvermögen“ des Stoffes bemerkbar. In der Tat könnten, wie *Debye* und neuerdings auch *Glocker* gezeigt haben, aus genauen Messungen des Streukoeffizienten (die auch seine Abhängigkeit von der Richtung gegen den Primärstrahl umfassen) Bestätigungen oder Widerlegungen von Atommodellen entnommen werden.

In Kristallen sind die Atome nur mit gewissen Orientierungen gegen die Kristallachsen vorhanden, und die infolge der Elektronenanordnung bevorzugten Ausstrahlungsrichtungen werden deutlicher hervortreten können, als bei der Mittelwertbildung im amorphen Körper. Gewisse Schwierigkeiten bei der Erklärung von Laueaufnahmen — also bei der empfindlichsten Kontrollmethode von bekannten Kristallstrukturen — müssen vermutlich auf die Ungleichmäßigkeit der atomaren Ausstrahlung zurückgeführt werden (vgl. *Ewald-Kratzer-Citron*, Verh. D. phys. Ges. 1920, S. 36). Die theoretischen Arbeiten von *Coster* (Proc. Roy. Acad. of Sciences, Amsterdam XXI, 1919) und *Kolkmeier* (ebenda, XXIII, 1920) über die Verträglichkeit von ausgedehnten kreisförmigen Elektronenbahnen im Diamant mit den Röntgenaufnahmen behandeln nach Fragestellung und Methode ein sehr verwandtes Problem, da es sich hierbei auch um die Ausstrahlung gewisser Elektronensysteme im Kristall handelt.

In einer neuen Arbeit teilt *W. L. Bragg* (zus. mit *R. W. James* und *C. H. Bosanquet*, Phil. Mag. 41, März 1921, S. 309—337) experimentelle und theoretische Untersuchungen über „die Intensität der Reflexion von Röntgenstrahlen an Steinsalz“ mit. Die praktisch einzig brauchbare Definition des Reflexionsvermögens einer Fläche muß an den mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω gedrehten Kristall anknüpfen, da sonst die zufällige Oberflächenbeschaffenheit des Kristalls mitspricht. Sei E die Energie, die aus einem monochromatischen Primärstrahl abgespalten und in den breiten Schlitz der Ionisierungskammer insgesamt hineingeworfen wird, wenn der Kristall durch die Reflexionsstellung hindurchgedreht wird; sei ferner J die vom Primärstrahl selbst in einer Sekunde erzeugte

Ionisierung bzw. Aufladung des Elektrometers. Dann ist $\frac{E\omega}{J}$ eine „bestimmte Größe von physikalischer Bedeutung“, welche von der Güte der Oberfläche deshalb nicht abhängt, weil beim Hindurchdrehen durch den Winkelbereich der Reflexion (bei der Bragg'schen Blendenanordnung meist $1\frac{1}{2}^\circ$) jedes überhaupt spieglungsfähige Stückchen der Oberfläche sein Teil früher oder später reflektiert. *Bragg* hat zunächst die Reflexionen höherer Ordnung an Würfel-, Dodekaeder- und Oktaeder- sowie vier weiteren Flächen mit der Reflexion erster Ordnung an der Würfelfläche verglichen, welche bei weitem am stärksten ist. Trägt man die Wurzeln aus den Intensitäten, also die Amplituden der reflektierten Strahlen, als Funktion des Reflexionswinkels θ auf, so ordnen sie sich auf zwei glatten Kurven an, von denen die eine der gleichphasigen Überlagerung ($\text{Cl} + \text{Na}$), die andere der entgegengesetzphasigen Überlagerung ($\text{Cl} - \text{Na}$) entspricht. Durch Addition bzw. Subtraktion ist aus diesen experimentellen Daten zu gewinnen, mit welcher Amplitude die Ionen Cl^- bzw. Na^+ bei veränderlichem Winkel θ ausstrahlen, wenn noch rechnerisch der Lorentzsche und Debyesche Faktor angebracht wird. Man erhält auf diese Art recht einfach und sauber das atomare Streuvermögen für Rh-Eigenstrahlung (0.615 \AA) als Funktion der Richtung gegen den Primärstrahl. Es ergibt sich ein anfangs schneller, später geringer, monotoner Abfall mit zunehmendem Winkel θ . Das schwerere Chlor hat nicht nur bei kleinen θ , sondern bei allen Winkeln ein stärkeres Streuvermögen als Na. Die Art der Winkelveränderlichkeit des Streuvermögens ist nach *Bragg* durch die gewöhnlich benutzten Atommodelle von bekannten Dimensionen (siehe *W. L. Bragg*, Phil. Mag. 40, 1920, S. 169, oder *Fajans* und *Grimm*, Zts. f. Phys. II, 1920, S. 266) und mit annähernd festen Elektronenlagen nicht erklärbar. Denn diese Modelle ergeben Kurven, die durch Null gehen, um dann wieder anzusteigen — d. h. es gibt bei solchen Atomen Richtungen, in denen die Strahlungsbeiträge der Elektronen sich aufheben. Würde man die Dimensionen dieser Atome genügend verkleinern, so könnte man zwar innerhalb des untersuchten Winkelbereichs eine monotone Intensitätskurve erreichen, aber zugleich würde der charakteristische Abfall der Streuung bei kleinen Winkeln θ ausbleiben — da ja, wenn die Dimensionen der Elektronenwolke kleiner als die Röntgenwellenlänge werden, die Wirkung des gesamten Atoms derjenigen eines einfachen Dipols sich immer mehr nähert. *Bragg* sieht einen Ausweg aus dieser Schwierigkeit, wenn angenommen wird, daß die Elektronen in starker Bewegung begriffen sind, und zwar um so mehr, je weiter außen am Atom sie sich befinden. Um den typischen Einfluß einer solchen Annahme rechnerisch prüfen zu können, setzt er radiale Schwingung der Elektronen um Mittellagen („Schalen“) bis zum Kern an, wobei z. B. für Cl als Schalenradien die Werte

1. Schale:	2 Elektronen	Radius	0,12 AE
2. „	: 8 „	„	0,41 „
3. „	: 8 „	„	1,02 „

genommen werden. Denkt man an das ursprüngliche kubische Atom oder Ion von *Born* und *Landé*, bei dem die Elektronen nur geringe Bewegungen um die Würfecken ausführten, so wäre der Bragg'sche Ansatz nicht recht verständlich. Jedoch trifft er den Kern wohl, wenn ein kubisches Atom mit großen Um-

laufsbahnen vorhanden ist, wie es nach den neueren Untersuchungen von Landé (auch am tetraedrischen C-Atom) möglich scheint. Jedenfalls läßt sich der Anschluß der Streuungskurve an die beobachtete infolge dieser Herabsetzung der Wirkung der äußeren Elektronen erheblich verbessern.

Die Kurven für die Richtungsabhängigkeit der Atomstreuung werden von Bragg und seinen Mitarbeitern auch für andere Modelle von Na^+ und Cl^- aufgestellt, z. B. ein Cl-Ion, bei dem die Elektronen fest auf den oben angegebenen Schalen liegen. Bei diesen Kurven fällt ein gewisser Gegensatz zu den Kurven von Glocker und Kaupp (Ann. d. Phys. 64, 541, 1921) auf, die z. T. für annähernd gleiche Schalenradien und Wellenlängen gelten. Gerade das Verschwinden der berechneten Ausstrahlung des Modells unter gewissen Richtungen, aus welchem Bragg einen Teil seiner Schlüsse zieht, fehlt in den Kurven der deutschen Verfasser.

Bragg und seine Mitarbeiter geben über die Art der Berechnung keine Einzelheiten an. Da sie aber die Amplituden graphisch auftragen, so liegt die Vermutung nahe, daß sie bei der Bestimmung der von allen Schalen ausgestrahlten Energie das Wechselglied nicht berücksichtigt haben und ihre Rechnung falsch ist. In der Tat teilt mir R. Glocker freundlichst mit, daß er bei Berücksichtigung dieses Gebietes zu dem Ergebnis kommt, daß ein Modell mit ruhenden Elektronen und den gleichen Abmessungen wie bei Bragg die experimentelle Streukurve erstaunlich gut wiedergibt — worüber er in Zts. f. Phys. V, 389—392, 1921 berichtet hat. Man wird also dem Bragg'schen Schluß, daß nur Atome mit starker, nach außen zunehmender Elektronenbewegung geeignet sind, die Interferenzintensitäten zu erklären, ablehnend gegenüberstehen müssen. Trotzdem sind natürlich solche Atome sehr wohl möglich.

Ein schöner Punkt der Bragg'schen Arbeit ist die absolute Bestimmung des Reflexionsvermögens $\frac{Ew}{J}$, d. h. der Vergleich der Reflexion erster Ordnung an der Würfelfläche mit der einfallenden Intensität selbst. (Die anderen Reflexionen waren, wie oben erwähnt, relativ zu (100) gemessen, lassen sich dann aber auch absolut ausdrücken.) Dieser Vergleich bietet begreiflicherweise wegen der sehr verschiedenen Intensitäten große Schwierigkeiten. Als Wert ergibt sich etwa $\frac{Ew}{J} = 0,00055$ für Na Cl (100).

Daß dieser Absolutwert des Streuungsvermögens in gutem Einklang zu demjenigen Wert steht, der auf Grund der Streuung eines einzelnen Elektrons und der Elektronenzahlen in Na^+ und Cl^- berechnet wird, kann nicht erstaunen, da ja schon vor langer Zeit auf Grund Barklascher Messungen über Streuung in amorphen Körpern die Zahl der Elektronen im Atom von J. J. Thomson annähernd richtig ($= \frac{1}{2}$ Atomgewicht) bestimmt worden war. Bragg gibt eine kurze und übersichtliche, wenn auch nicht einwandfreie Theorie der geordneten Streuung (Reflexion) des Kristalls und zeigt auf Grund der erhaltenen Formel, welche mit einer Darwinschen bzw. Comptonschen übereinstimmt, daß seine Absolutmessungen mit den Elektronenzahlen 10 für Na^+ , 18 für Cl^- vereinbar sind, wie zu erwarten.

Um sich eine Vorstellung von der Bedeutung der „physikalischen Größe“ $\frac{Ew}{J}$ zu bilden, beachte man, daß J die Dimension einer Energie pro Sekunde, E (nach der oben wiedergegebenen Definition) die einer Energie hat. Man stelle sich nun vor, die Reflexion der Röntgenstrahlen finde nicht nur unter dem „Bragg'schen Reflexionswinkel“ θ statt, sondern sie sei innerhalb eines ganzen Winkelbereichs $\Delta\theta$ vollständig, d. h. die gesamte in diesem Winkelbereich monochromatisch auffallende Energie findet sich im reflektierten Strahl wieder. So behaupten es nämlich die oben erwähnten Theorien von Darwin und Ewald. $\frac{\Delta\theta}{w}$ ist dann bei gleichmäßig mit der Geschwindigkeit w gedrehtem Kristall die Zeitdauer, während welcher Reflexion des monochromatischen Strahles eintritt, und wegen der Vollständigkeit der Reflexion wäre die gesamte reflektierte Intensität:

$$E = J \cdot \frac{\Delta\theta}{w}.$$

Die Größe $\frac{Ew}{J}$ läßt also die Deutung als Winkelbereich der Reflexion zu. Der von Bragg angegebene Wert entspricht $\Delta\theta =$ etwa 2 Bogenminuten. Dieser Wert ist 10mal so groß wie man ihn auf Grund der Theorie für Steinsalz erwarten würde. Ein derartiger Reflexionsbereich würde Abweichungen vom Bragg'schen Gesetz mit sich bringen, die bei Steinsalz nicht beobachtet worden sind. Wir müssen die Größe dieses Wertes so deuten, daß infolge der Inhomogenität der auffallenden Rh-Strahlung ein zu großer scheinbarer Reflexionsbereich entsteht. Vor einigen Monaten erschienene amerikanische Versuche (Bergen-Davis und Stempel, Phys. Rev., Mai 1921) weisen an Kalkspat in der Tat einen etwa 10mal kleineren Reflexionsbereich nach ($20''$), indem durch Reflexion an einem ersten Kristall monochromatische Strahlung erzeugt wird, die an einem zweiten annähernd parallelen aber um Bogensekunden drehbaren gleichartigen Kristall nochmals zur Spiegelung kommt. Diese Versuche sind vielleicht einer theoretischen Prüfung leichter zugänglich als die Bragg'schen, weil die auf den zweiten Kristall auffallende Strahlung besser definiert ist. Sie ergeben das für die Theorie erfreuliche Resultat, daß die gemessene Intensität des reflektierten Strahls bei besten Einfallbedingungen durchaus nicht gering ist, sondern 50% der Intensität des einfallenden Strahls betragen kann. Das Reflexionsvermögen wird von den amerikanischen Autoren bei ausgesucht guten Kristallen am feststehenden Kristall bestimmt.

Es ist sehr erfreulich, daß die experimentelle Erforschung der Intensitäten beim Vorgang der Reflexion energisch aufgenommen worden ist. Läßt sich doch nur durch den Vergleich mit den Experimenten die sichere Grundlage gewinnen, um eine verfeinerte Theorie aufzustellen, welche sowohl für die genaue Kristallerforschung, wie für Präzisionsmessungen von Röntgenspektren notwendig ist, und ferner erst auf Grund dieser Theorie beurteilen, welcher Anteil am Interferenzphänomen der räumlichen Ausdehnung der Atome zukommt.

P. P. Ewald, Stuttgart.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 47. (Seite 951—966)

25. November 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Das Trachom. Von *Max Meyerhof, Hannover.*
(Mit 5 Abbildungen.) S. 951.

Was lehrt die Chemie über die Entstehung und die chemische Struktur der Kohle? Von *Franz Fischer, Mülheim a. Ruhr.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 958.

Besprechungen:

Meyer, Viktor, und Paul Jacobson, *Lehrbuch der organischen Chemie.* Von *M. Bergmann, Berlin-Dahlem.* S. 965.

Mach, Ernst, *Die Prinzipien der physikalischen Optik, historisch und erkenntnistheoretisch entwickelt.* Von *M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.* S. 966.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie

Von

Peter Pringsheim

Mit 32 Textfiguren. (VIII, 202 S.)

Preis M. 48.—

Inhaltsübersicht:

Vorwort. — I. Einleitung. — II. Die Resonanzstrahlung. — III. Resonanzspektra. — IV. Die Bandenfluoreszenz von Dämpfen und Gasen. — V. Leuchtdauer und Polarisation der Fluoreszenzstrahlung von Gasen und der Einfluß magnetischer Felder. — VI. Die Fluoreszenz und Phosphoreszenz fester und flüssiger Lösungen. — VII. Die Gruppe der Erdkaliphosphore. — VIII. Linienfluoreszenz von Kristallen. — IX. Fluoreszenz organischer Verbindungen. — Literaturverzeichnis. — Sachregister.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbich.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin. Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Voigt & Hochgesang
Göttingen

Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten
Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt.
Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Mineralien, Kristalle und Gesteine

einzeln und in ganzen Sammlungen.

Spez.: Vogtl. u. sächs. Vorkommen, sowie Graptolithen
offert preiswert und in reicher Auswahl

Mineralien-Niederlage A. Jahn

Plauen i. V., Oberer Graben 9 (259)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Praktikum der Elektrochemie

Von

Professor Dr. **Franz Fischer**

Vorsteher des elektrochemischen Laboratoriums
der Kgl. Technischen Hochschule, Berlin

Mit 40 Textfiguren. (VIII, 134 S.)

1912. Gebunden Preis M. 5.— (und Teuerungszuschlag)

Mikroskop

zu Kaufen gesucht. (265)

Angebote unter F. C. 4980 an Rudolf Mosse, Cassel.

Die großen Handbücher



von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer,
Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wasser-
mann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter,
Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. **zur Er-
leichterung der Anschaffung**
gegen bequeme Monats- oder Quartals-
raten von (258)

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Die Naturwissenschaften
1915 bis 1920
zu Kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser
Zeitschrift erbeten. (236)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

25. November 1921.

Heft 47.

Das Trachom.

Von Max Meyerhof, Hannover.

Das Trachom¹⁾ ist ein ansteckendes Leiden der menschlichen Augenbindehaut, welches durch seinen langwierigen Verlauf und durch die Schwere seiner Folgezustände die Befallenen häufig arbeitsunfähig machen, aber auch dauernder Schwachsichtigkeit oder gar Erblindung entgegenführen kann. Die soziale Bedeutung dieser Krankheit ist um so größer, weil sie in vielen dichtbevölkerten Ländern der Erde endemisch herrscht und vorwiegend die Armen befällt. Leider ist es bis heute nicht gelungen, den Erreger des Trachoms zu entdecken, und — was noch schlimmer ist — ein sicheres Verfahren zur raschen Heilung des hartnäckigen Übels zu finden. Seit mehr denn einem Jahrhundert mühen sich Generationen von Augenärzten und Chirurgen an dieser *Trachomfrage* ab, deren Werdegang und gegenwärtiger Stand im folgenden dargestellt werden soll.

1. Aus der Geschichte

des Trachoms seien nur einige quellenmäßig feststehende Tatsachen mitgeteilt. Im übrigen verweise ich auf *J. Hirschbergs* monumentale „Geschichte der Augenheilkunde“²⁾, welche die Literatur und die Quellen selbst in Übersetzungen anführt.

Die alten Ägypter haben das Trachom sicherlich gekannt; denn ihr ältestes erhaltenes Arzneibuch, der Papyros *Ebers* (etwa 1550 v. Chr.), nennt Mittel gegen das Triefauge und gegen das Hineinwachsen von Wimpern, welches letzteres eine ungemein häufige Folge des Trachoms ist.

Den alten Griechen war die Kenntnis des Trachoms (*tráchoma* = Rauigkeit) durchaus geläufig. Schon die Schule des *Hippokrates* (um 400 v. Chr.) beschreibt epidemische Augenkatarre und erwähnt als Operationen gegen die „Rauigkeit“ der verdickten Lidinnenfläche das Abschaben mit einem mit Wolle umwickelten Stäbchen oder Ausschneiden und Ausbrennen der fleischigen Wucherungen; dann wird gebrannte pulverförmige Kupferblüte aufgestreut. Gegen die Haarkrankheit (*trichosis*), welche noch nicht als Folge des Trachoms erkannt ist, wird Aus-

wärtsdrehen des eingekrümmten Lidrandes empfohlen.

Der Römer *Celsus* (25 v. Chr. bis 50 n. Chr.), ein Nichtarzt, welcher eine ausgezeichnete enzyklopädische Übersetzung der griechischen Heilwissenschaft hinterlassen hat, gibt die erste genauere Beschreibung des Trachoms (*aspritudo*) und empfiehlt Abschaben mit einem Feigenblatt, einer rauen Sonde oder einem Messerchen, während sein Landsmann *Cassius Felix* (um 40 n. Chr.) Bimstein oder Sepiaschale (d. h. den Rückenschulp des Tintenfisches) vorzieht. Die bedeutenden hellenistischen Ärzte *Dioskurides* (um 60 n. Chr.) und *Galenos* (130–201 n. Chr.) empfehlen außerdem den Kupferstift, den scharfen Löffel oder raue Haifischhaut für den gleichen Zweck. Der spätgriechische Arzt *Paullos* von Ägina (um 670 n. Chr.) kennt sogar ein besonderes Instrument zur Trachombehandlung, den Lidschaber, und beschreibt sehr ausführlich die Operation der „Empornähung“ eingewachsener Wimpern. Er sowohl wie *Aëtios* aus Amida (um 540 n. Chr.), die beide auf älteren ärztlichen Werken fußen, teilen das Trachom in mehrere, dem Grade nach verschiedene Formen ein. Auch ihnen gilt die Haarkrankheit (*trichiasis*) nicht als eine Trachomfolge. Daß diese Augenseuche im Altertum in der griechisch-römischen Welt sehr verbreitet gewesen sein muß, ersehen wir schon aus den zahlreichen Rezepten *ad aspritudines* (gegen Rauigkeiten) als Titel von Stempelabdrücken römischer Augenärzte. Solche Stempel sind zu Hunderten auf dem Boden des alten Gallien, Germanien, Belgien und Britannien gefunden worden.

Die Araber haben die ärztlichen Kenntnisse der Antike systematisch zusammengefaßt und in mancher Hinsicht erweitert. Die gefäßhaltige Hornhauttrübung des Trachoms (*sebel* = Fell, *pannus*) wird von ihnen zuerst erwähnt. Ihre Behandlungsgrundsätze nähern sich bereits erheblich den heute noch üblichen Methoden. Das Abschaben der Granulationen mit einem Zuckerstück ist in ihren Schriften zuerst empfohlen, Ätzmittel wie Kupfer in Salbenform und Tannin als Gallappelpulver sind ihnen wohl bekannt. Auch haben sie die Abhängigkeit der Trichiasis von dem Narbenstadium des Trachoms eingesehen und die eigentlichen Körner zuerst beschrieben.

Im europäischen Mittelalter sind diese Kenntnisse zum Teil wieder verloren gegangen, und auch in der Neuzeit bis 1800 n. Ch. sind die Beschreibungen des Trachoms in den Schriften der

¹⁾ Andere Bezeichnungen: Conjunctivitis granulosa, Granulose, Körnerkrankheit, körnige Bindehautentzündung, ägyptische Augenentzündung.

²⁾ In *Graefe-Saemisch-Hefz*, Handbuch der gesamten Augenheilkunde, XIV–XV. (10 Bände.) 1899–1918.

Augenärzte verschwommen und unklar. Doch wurde es durch die Schilderungen ärztlicher und nichtärztlicher Reisender bekannt, daß im Morgenlande Augenkrankheiten enorm verbreitet seien. Insbesondere wurde die Beschreibung des venezianischen Konsulararztes *Prospero Alpino* berühmt³⁾, der 1580—84 in Kairo lebte und die ungeheure Verbreitung von Bindehautentzündungen in Ägypten, besonders im Sommer, nachwies.

Aber erst 1800 bekam die „ägyptische Augenentzündung“ ihren Namen und ihre soziale Bedeutung, als nach dem abenteuerlichen Zuge *Bonapartes* in das Nilland (1798—1801) die Franzosen und Italiener, und später auch die Engländer und ihre indischen, albanischen und türkischen Hilfstruppen ansteckende Augenentzündungen in die Heimat verschleppten⁴⁾. Indessen müssen wir nach den zeitgenössischen Schilderungen in dieser „ägyptischen“ Augenentzündung eine Mischung verschiedenartiger Bindehauterkrankungen unterscheiden: 1. eine sehr ansteckende, heftige, aber mehr katarrhalische, ungefährliche Augenentzündung, welche 3—14 Tage dauerte und der heute als durch den Koch-Weeks-Bacillus erzeugt bekannten Bindehautentzündung gleicht; 2. eine akute, schwer eitrige Augenentzündung mit enormer Schwellung und oft verheerend rascher Zerstörung der Hornhaut, vom Charakter der gonorrhöischen Ophthalmie. Sie war es, welche die meisten Erblindungen von Soldaten zur Folge hatte; 3. eine chronische Trübsichtigkeit, zu Hornhautflecken und Einkrümmung der Lider führend. Nur diese Augenentzündung ist mit dem Trachom zu identifizieren.

Während der napoleonischen Kriege, und noch Jahrzehnte nach ihnen, vollendete nun diese gefürchtete *Ophthalmia aegyptiaca, militaris* oder *bellica* ihren verderblichen Zug durch alle Heere Europas. Die Franzosen, welche militärhygienisch gut versorgt waren, litten auffallend wenig, furchtbar aber die Engländer, später die Preußen, Österreicher, Russen und vor allem die Belgier, deren Garnisonquartiere als besonders unreinlich geschildert werden. Über die Ansteckungsfähigkeit der Augenseuche entbrannte ein jahrzehntelanger Streit von „Kontagionisten“ und „Nonkontagionisten“, ähnlich wie um die orientalische Beulenpest. Während englische und italienische Militärärzte schon 1802 die ägyptische Augenentzündung für ansteckend erklärten, gelangten die Preußen und Österreicher erst zwei Jahrzehnte später zu dieser Auffassung, und die Franzosen und Belgier verteidigten noch bis in die 1840er Jahre die Entstehung des Leidens durch klimatische Einflüsse, Miasmen oder zu engen Sitz von Uniformteilen u. a. Nach den Hunderten von militärärztlichen Schriften zu urteilen, hatte das Leiden häufig den oben gekennzeichneten Mischcharakter; zuweilen überwog dieser oder

jener Teil. Demzufolge war in manchen Ländern die Zahl der Erblindungen gering, in anderen so groß, daß die Ausgemusterten sich häufig selbst verstümmelten, um der im Militärdienst drohenden Erblindung zu entinnen.

Durch entlassene Soldaten wurde die „ägyptische“ Augenentzündung vielfach in die *Zivilbevölkerung* eingeschleppt, so z. B. in Belgien und am Niederrhein. Indessen ist durchaus nicht jeder Trachomherd in Mittel- und Westeuropa als Folge einer aus Ägypten stammenden Infektion anzusehen. Denn Spanien, Südfrankreich, Italien und im Osten die Balkanhalbinsel und Rußland sind sicherlich seit Jahrhunderten vom Trachom heimgesucht gewesen.

Seit 1850 suchte man klinisch die verschiedenen katarrhalischen und eitrigen Bindehautentzündungen vom Trachom zu sondern. Aber erst nach Eintritt der bakteriologischen Ära ist das wirklich gelungen. 1882 fand *Robert Koch* in Alexandrien den *Gonococcus Neisser* und den nach *Koch* und *Weeks* benannten Bacillus in der Bindehaut augenkranker Ägypter; 1896 entdeckten *Axenfeld* und *Morax* einen Diplobacillus, welcher eine oft recht chronisch verlaufende, aber harmlose Bindehautentzündung hervorruft. Auch der *Pneumococcus*, der Diphtherie- und der Influenzabacillus wurden als Erreger von Bindehautentzündungen festgestellt.

Um die gleiche Zeit tobte der Kampf um die Frage, ob der harmlose Follikularkatarrh (Körnerkatarrh) der Bindehaut mit dem Trachom identisch sei oder nicht; hier standen sich die „Unitarier“ und „Dualisten“ scharf gegenüber. Daß diese Angelegenheit auch heute noch nicht entschieden ist, werden wir später erörtern.

2. Die Verbreitung

des Trachoms ist eine ungeheuer große. Die Geographie der Körnerkrankheit kann hier lediglich in flüchtigen Umrissen skizziert werden. Auch hier muß ich auf die von emsigen Forschern gesammelte Literatur verweisen⁵⁾. Nur aus wenigen Länderstrecken liegen Statistiken über die Verbreitung des Trachoms in der *Gesamtbevölkerung* vor. Zumeist müssen wir uns mit den Angaben der Militärärzte über den Prozentsatz unter den ausgehobenen *Rekruten* oder der Augenärzte über die Prozentzahl der trachomleidenden *Augenkranken* begnügen. Auch Schuluntersuchungen können wichtige Aufschlüsse liefern.

Praktisch kann man unterscheiden:

a) *Trachomfreie* Länder, wie z. B. die skandinavischen Länder und die Schweiz, in welchen

⁵⁾ *Chibret*, Etude de géographie ophtalmologique sur le trachome. Paris 1896. — *J. Boldt*, Das Trachom als Volks- und Heeresskrankheit; Berlin 1903. — *Stanculeanu* und *Mihail*, Das Trachom. Wien und Leipzig 1912. — *J. Hirschbergs* Geographie der Augenkrankheiten mit einem umfangreichen Abschnitt über das Trachom wird bald in *Graefes-Suemisch-Heß* Handbuch der gesamten Augenheilkunde als letzter Teil des XV. Bandes erscheinen.

³⁾ De medicina Aegyptiorum. Venet. 1591.

⁴⁾ Vgl. *M. Meyerhof*, Trachom als Kriegseuche. Deutsche Opt. Wochenschr. 1915/16, Nr. 35.

so gut wie keine endemischen Krankheitsherde bestehen, sondern nur sporadische eingeschleppte Fälle vorkommen. So fand *Bauer* 1900 unter 55 000 Patienten der Züricher Augenklinik 125 trachomkranke Ausländer und nur 8 trachombefallene Schweizer (0,015 %). *Haab*⁶⁾ bestätigt neuerdings diese Ziffern auf Grund von 192 000 Krankengeschichten.

b) *Trachomarme* Länder sind solche, in welchen große Landesteile frei sind, in denen aber andere Gegenden endemische Krankheitsherde aufweisen. Dahin sind Deutschland, England, Frankreich, Holland, die Vereinigten Staaten und Australien zu rechnen. In Deutschland z. B. sind die an die Ostseeprovinzen und Polen grenzenden Landesteile stärker befallen, vor allem Ostpreußen (1913 noch etwa 5500 trachomkranke Schulkinder, 200 trachomatöse Rekruten), die jetzt an Polen abgetretenen Provinzen Westpreußen und Posen, Oberschlesien, Danzig, Hinterpommern. Ferner das Eichsfeld (wahrscheinlich im Gefolge der „militärischen“ Augenentzündung angesteckt), Hessen-Nassau, der Niederrhein und das Saargebiet, wo die Einschleppung durch das Militär vor 1821 aktenmäßig erwiesen ist. Bayern, Württemberg und Baden sind ganz trachomfrei. Im rheinisch-westfälischen Industriegebiet nimmt das Trachom infolge der starken Zuwanderung russischer und polnischer Arbeiter in den letzten Jahrzehnten zu.

c) *Trachomreich* sind die Länder, in welchen kein Teil von der Seuche ganz frei ist, manche Teile aber Trachomziffern von 10—50 % unter den Augenkranken aufweisen. Dahin gehören alle Mittelmeerländer, Irland, Belgien, die Balkanstaaten, Österreich, Ungarn, Polen, Rußland und seine Randstaaten, Mittel- und Südamerika, ferner viele Länder Asiens und Afrikas (z. B. Abessinien, Südafrika und ein erst 1912 entdeckter Herd unter den Massainegern Ostafrikas).

d) *Völlig trachomverseucht* sind diejenigen Länder, in welchen ein Viertel, die Hälfte oder mehr der Gesamtbevölkerung an der Krankheit leidet. Hier ist in erster Linie Ägypten zu nennen, dann Palästina, Mesopotamien, Turkestan und die angrenzenden Teile Zentralasiens, Ostindien, teilweise die Sundainseln, China und Japan. Als Beispiel greife ich Ägypten heraus, wo ich selbst 12 Jahre als Augenarzt gewirkt habe, und gebe einige Zahlen aus dem neuesten Bericht der Regierungsaugenkliniken⁷⁾:

In den niederen Volksschulen (Koranschulen) wurden fast niemals Schüler ohne florides oder abgelaufenes (narbiges) Trachom gefunden. In den höheren Schulen von 12 Städten aus Unter- und Oberägypten waren 85—98 % der Zöglinge trachomkrank! Unter 76 525 Augenkranken befanden sich 71 911 Trachomleidende (94 %). Von

diesen litten an stärkerem Pannus (gefäßhaltiger Hornhauttrübung) 17 069, an Einkrümmung der Lider und Haarkrankheit (Trichiasis) 20 127, an Hornhautflecken 32 692, an Vertrocknung der Binde- und Hornhaut (Xerosis) 570 usw. In der Gesamtbevölkerung von Ägypten waren nach der Volkszählung von 1917 (12 817 255 Einwohner) 398 757 auf einem, 155 511 auf beiden Augen Erblindete vorhanden, d. h. 3,135 % einseitig, 1,223 % doppelseitig Blinde. Diese Ziffern hält *Mac Callan* für zu niedrig, denn 1919 waren unter seinen Augenkranken 10,2 % einseitig und 5,1 % doppelseitig Erblindete nachweisbar. Von diesen Erblindungen waren 74,5 % auf ansteckende Bindehautleiden zurückzuführen, wobei allerdings nicht gesagt wird, wie viele dieser Fälle dem Trachom zur Last fallen.

Ich selbst habe in Ägypten oft Volksschulen untersucht, und selten mehr als 3—4 von 100 Kindern ohne Spuren von Trachom an den Augenbindehäuten gefunden. Unter erwachsenen ägyptischen Arbeitern und Studenten fand ich etwa 2 % gesunde. Nach Nubien hin nimmt die Verseuchung etwas ab. Dort ist die Bevölkerung auch dünner gesät und reinlicher als im eigentlichen Ägypten. Unter den erblindeten Augen, welche ich zu sehen bekommen habe, waren etwa 12—15 % nur durch Trachom ihrem Schicksal verfallen. Die große Mehrzahl der Erblindungen in Ägypten fällt allerdings der furchtbaren epidemischen Sommerblennorrhoe (Augentripper) zur Last.

Klimatische Einflüsse sind sicherlich nicht ohne Bedeutung für die Verbreitung des Trachoms. Sie wurden früher überschätzt, indem man das Trachom nur als eine Krankheit der Niederungen oder Sumpfgegenden ansah. Allerdings sind die Täler vieler großer Flüsse von stark trachomdurchseuchter Bevölkerung bewohnt (Donau, Tajo, Nil, Euphrat, Tigris, Jangtsekiang, Hoangho, Mississippi und Amazonas); aber z. T. noch schlimmer grassiert die Körnerkrankheit im Trockenklima afrikanischer und asiatischer Wüsten und Steppen. Ferner ist noch in den letzten Jahrzehnten behauptet worden, daß das Trachom im Höhenklima nicht oder wenig vorkomme, in Europa z. B. nicht über 200 m Höhe (*Chibret*). Auch das ist nicht richtig; in Spanien und in der Balkanhalbinsel finden sich Trachomherde in 800—1000 m Höhe, unter den Bergvölkern des Kaukasus, des Himalaya und der Kordillern in weit größeren Höhen. Das Hochland von Tibet ist stark verseucht, und in der Minenstadt Leadville in Colorado (Vereinigte Staaten), welche 3100 m über dem Meere liegt, ist das Trachom ziemlich verbreitet. Sicher ist, daß das heiße Klima die Ausbreitung des Trachoms begünstigt, schon deswegen, weil es Mischinfektionen mit anderen ansteckenden Bindehautleiden befördert, die leichter übertragen werden als das Trachom.

Der *Rasse* hat man zeitweilig viel Bedeutung

⁶⁾ Über das Trachom in der Schweiz. Klin. Monatsblätter f. Augenheilk. Bd. 66, 1921, S. 433—438.

⁷⁾ Seventh Annual Report on the Ophthalmic Section, 1919, Cairo 1920.

für die Verbreitung des Trachoms beigelegt. So hat *Burnett* (Washington) 1876 behauptet, daß die Neger, *Foucher* (Montreal), daß die Indianer, *Chibret* (Clermont-Ferrand), daß die reinen Kelten gegen Trachom immun seien. Diese Hypothesen haben sich in den letzten Jahren bei ausgedehnterer geographisch-ophthalmologischer Forschung als unrichtig erwiesen. Trachomkranke Neger gibt es in den Vereinigten Staaten vereinzelt, in Südamerika viel, in Konstantinopel und Nordafrika — wie ich aus eigener Erfahrung weiß — massenhaft. Unter den kanadischen Indianern sind endemische Trachomherde vorhanden (*Harrison* 1913), und daß die Iren, die reinsten Kelten, stark an Granulose leiden, ist eine schon lange bekannte Tatsache. *Krusius* hat 1912 unter den Massai in Ostafrika einen großen Trachomherd gefunden; allerdings ist dieses Volk hamitisch-nilotischen Ursprungs und den reinen Negern nicht zuzurechnen. Für die letzteren mag man wohl eine *relative* Immunität anerkennen. Denn es ist immerhin auffällig, wie wenig die Neger des ägyptischen Sudan von Ägypten selbst aus infiziert worden sind. *Völlig immun gegen Trachom ist keine Rasse der Erde*. Ebenso wenig existiert eine Immunität des Geschlechts oder Alters. Nur bei Säuglingen unter 3 Monaten ist bisher typisches Trachom noch nicht mit Sicherheit festgestellt worden.

Die *Bevölkerungsdichte* spielt, wie für jede ansteckende Krankheit, so auch für das Trachom eine wichtige Rolle. Bedeutungsvoller aber ist das enge Zusammenwohnen vieler Menschen in wenigen Räumen, wie denn überhaupt die *Familie* der eigentliche Herd der Weiterverbreitung des Trachoms ist. In den ägyptischen Harems sah ich einerseits die Kinder im frühesten Alter von den Müttern und Geschwistern, andererseits Diener und Wärterinnen von den Kindern angesteckt werden. In den engen, schmutzigen Mattenzelten der nubischen Bisharibeduinen fand ich starke Verbreitung der Seuche, und aus dem eigentlichen Arabien sah ich trachomkranke Beduinen aus Stämmen, deren Zelte dünn gesät in der Wüste umherliegen. Ähnlich steht es mit den nomadischen Tataren, Kirgisen, Kalmücken und Ostmongolen. Auch die noch nicht zivilisierten Indianerstämme Amerikas sind erheblich trachomverseucht.

Reinlichkeit ist der beste Schutz gegen die Weiterverbreitung des Trachoms. Es ist nicht, wie man früher annahm, der Staub, welcher das Trachom weitergibt, sondern zu seltenes Waschen, fehlender Gebrauch von Seife, Benutzung gemeinsamer Tücher zum Abtrocknen des Gesichts usw. Deshalb sind z. B. die norwegischen Bahnarbeiter, welche aus ihrer trachomfreien Heimat ausgewandert waren, in Minnesota zu 30 % der Augenkranken mit Trachom befallen gefunden worden (*Ole Bull* 1873—76). Umgekehrt werden die östjüdischen Auswanderer, wenn sie sich in westeuropäischen Großstädten den reinlicheren

Lebensgewohnheiten ihrer Umgebung anpassen, wesentlich trachomfreier als in ihrer polnischen oder russischen Heimat. Da die Reinlichkeit mit dem materiellen Wohlstande in engem Zusammenhang steht, so ist in hochkultivierten Ländern *das Trachom eine Krankheit der armen Bevölkerungsklassen*. In völlig durchseuchten Ländern trifft man es allerdings auch in den höchsten Klassen an, in welchen es z. B. in Ägypten erst jetzt abzunehmen beginnt.

Die *Einschleppung* des Trachoms kann erfolgen a) durch die *Wanderungen verseuchter Völker*. So ist es wahrscheinlich nach Spanien durch die Araber, nach Amerika durch die Spanier übertragen, in Südrussland durch die Tataren verbreitet worden. Ob die obengenannten Massai das Trachom vom Nil bis zum Kilimandscharo mitgebracht haben oder durch arabische Händler von der ostafrikanischen Küste aus infiziert worden sind, ist heute nicht mehr festzustellen. b) Die *Einwanderung* einzelner Familien und Personen ist heute der häufigste Grund für die Übertragung des Trachoms von Land zu Land. Polnische und russische Landarbeiter (Saisonarbeiter, Sachsengänger) brachten es nach Thüringen und Westfalen, Italiener und Syrier nach Südamerika, Ungarn und Rumänen nach Nordamerika, Hindus nach Ceylon und Madagaskar, das erst in jüngster Zeit anfängt, verseucht zu werden. Wie sich die amerikanischen Staaten zu schützen suchen, soll später berichtet werden. Hochkultivierte Länder sind durch Wohlstand und Reinlichkeit gegen das Fußfassen der Seuche geschützt. Das gilt besonders für die Schweiz und die skandinavischen Länder, deren Immunität gegen die fortgesetzte Einschleppung des Trachoms meiner Ansicht nach nicht auf ihrem Klima, sondern auf ihrem hohen Kulturstande beruht. Denn auch in Großstädten der Tiefebene, z. B. Berlin, vermag die erhebliche Zuwanderung trachomverseuchter Elemente keine Epidemie oder Endemie zu erzeugen. Ob das bei der derzeitigen Verschlechterung der Wohlstands- und Wohnungsverhältnisse so bleiben wird, ist freilich fraglich. Wie in einem trachomarmen Lande ein Trachomherd festsitzen kann, darüber gibt die neueste große Trachomstatistik aus Amsterdam Kunde (Rapport van de Commissie vor Trachom-Onderzoek te Amsterdam, 1917). Seit 1870 ist daselbst das Trachom heimisch, vorwiegend unter der armen jüdischen Bevölkerung. 1914—16 wurden sämtliche Schulkinder untersucht (73 480), und in den höheren Schulen kein Trachom, in den niederen bei christlichen Schülern bis 1,35, bei jüdischen bis 8,1 % Trachom gefunden. In den Kinderbewahranstalten stiegen diese Prozentsätze sogar bis auf 10,7 und 32,1 %. In den ärmsten Quartieren fanden sich unter 6744 Personen 25,4 % der Christen, 37,24 % der Juden infiziert. c) Das *Militär* ist heute kein wesentlicher Faktor der Verschleppung mehr. Noch 1857 konnte *S. D. Groß* (Philadelphia) die Ver-

einigten Staaten glücklich preisen, weil sie kein Heer besäßen, welches die „militärische Ophthalmie“ weiterverbreiten könnte. Seitdem hat diese Krankheit ihre Schrecken verloren, hauptsächlich wohl dadurch, daß die Grundbegriffe der persönlichen Hygiene Gemeingut aller kultivierten Bevölkerungen und ihrer Heeresangehörigen geworden sind. 1848—49 schleppten ehemalige preussische Soldaten als Kriegsfreiwillige das Trachom in Holstein ein. 1851 übertrugen es holsteinische Rekruten in die dänische Armee, welche bald 25 % Trachomkranke zählte und das Leiden in die Zivilbevölkerung verschleppte. Aber seitdem hat sich Dänemark von der Seuche völlig befreit und zählt heute zu den trachomärmsten Ländern. Die englischen Truppen, welche 1800 bis 1802 und 1807 in Ägypten so furchtbar litten, sind heute in ihren Garnisonen zu Kairo und Alexandrien trachomfrei, ebenso die Franzosen in Tunis, Algerien und Marokko. Im Weltkrieg 1914—1918 war für viele Heere die Gelegenheit zur Trachominfektion gegeben. Die deutschen Truppen standen jahrelang in Galizien, Russisch-Polen, Kurland, Serbien, Rumänien, Mazedonien, Kleinasien, Mesopotamien, Syrien und Palästina, sie kamen nach Finnland und den nördlichen Ostseeprovinzen, als Gefangene auch nach Nordafrika — in lauter schwer trachomverseuchte Länder. Ihre Quartiere waren oft in schmutzigen Bauernhöfen ausgesprochen trachomleidender Familien. *Dennoch hat eine Übertragung des Trachoms auf deutsche Truppen so gut wie gar nicht stattgefunden.* Uhthoff⁸⁾ sah bis Ende 1915 nur einen sehr leichten frischen Trachomfall durch Kriegsinfektion, und ebenso nur einen einzigen Fall von gonorrhöischer Bindehaut-eiterung unter 600 von der Ostfront zurückgekehrten Augenkranken. Peters⁹⁾ bestätigte diese Erfahrungen aus Rostock, und Clausen¹⁰⁾ fand direkt an der Ostfront bis 1918 nur etwa 10 frische Trachomfälle, obwohl diese Truppen stets in trachomverseuchten Gegenden zu kämpfen und zu marschieren hatten. Er führt diese günstigen Verhältnisse z. T. auf die zweiwöchentlichen Gesundheitsbesichtigungen zurück, welchen alle Soldaten unterworfen wurden. Jeß¹²⁾ hat an der Westfront bis 1918 keinen frischen Trachomfall zu sehen bekommen. Fügen wir noch hinzu, daß die neueste Kriegsblindenstatistik von Bab¹³⁾ unter 3122 erblindeten Kriegern nicht einen Fall von Trachom als Ursache ermitteln konnte (bei

12 Hornhautnarben- und -geschwürsfällen), so ergibt sich, daß das deutsche Heer im Weltkriege vom Trachom fast völlig verschont geblieben ist. Man vergleiche damit die Ziffern aus dem preussischen Heere 1813—21: 25 000 Fälle von ansteckender Augenentzündung mit über 1100 gänzlichen oder teilweisen Erblindungen (C. F. Graefe)!

Auch die Engländer haben anscheinend fast gar nicht von Trachom zu leiden gehabt, mußten sich aber durch besondere Maßnahmen gegen die Einschleppung der Krankheit durch die zu 10—15 % verseuchten chinesischen Kulis schützen¹⁴⁾.

In Frankreich ist das Heer ziemlich verschont geblieben. Auch die Zivilbevölkerung hat in Paris keine Einschleppung zu verzeichnen. In De Lapersonnes¹⁵⁾ großer Augen-klinik betrug 1920 die Gesamtzahl der Trachomkranken 43 auf 10 000 Augenkranken, wie vor dem Kriege. Aber durch die vielen Flüchtlinge aus Belgien und der Levante, durch Nordafrikaner, Annamiten und Chinesen ist in Südfrankreich das Trachom offenbar hineingetragen worden. Denn in Marseille war nach dem Kriege die Zahl der trachomkranken Schüler auf 4 %, die der trachombefallenen Augenkranken von 9 auf 15 % gestiegen.

Im italienischen Heere, über welches noch keine größeren Statistiken vorliegen, ist eine bedeutende Zahl von Trachomfällen vorgekommen, im 12. Armeekorps z. B. fanden sich deren 1378 unter 2482 Fällen von Bindehautentzündung¹⁶⁾.

Ebenso ist in Serbien eine erhebliche Zunahme des Trachoms durch den Krieg zu verzeichnen (Kosti¹⁷⁾). Daß die Rumänen sehr stark, die Bulgaren verhältnismäßig wenig an Trachom gelitten haben, weiß ich durch persönliche Mitteilungen von Kollegen, insbesondere des Augenarztes Dr. Agricola (Hannover). Die Türken waren gleichfalls, wie zu erwarten, sehr stark befallen (Bartels¹⁸⁾).

In der österreichisch-ungarischen Armee sind verschiedene kleine Epidemien von Trachom, Gono-Blennorrhoe und Koch-Weeks-Bazillenkatarh der Augen beobachtet worden, auch verschiedentlich Mischinfektionen dieser Krankheiten. Diese Tatsache würde wohl am meisten dem Bilde der „militärischen“ Augenentzündung des vergangenen Jahrhunderts nahekommen. Im ganzen ergibt sich aus den Erfahrungen der

⁸⁾ Kriegsophthalmolog. Erfahrungen und Betrachtungen. Berl. klin. Wochenschr. 1916, Nr. 1.

⁹⁾ Die Augenheilkunde in der Kriegszeit. Rostock 1916.

¹⁰⁾ Das Trachom als Heereskrankheit usw. Ber. üb. d. 41. Versamml. d. Ophth. Gesellsch. Heidelberg 1918, S. 235—241.

¹¹⁾ So auch Bartels, Beobachtungen über Augen-erkrankungen beim Feldheere im Osten. Klin. Monatsblatt f. Augenheilk. Bd. 58, 1917, S. 150.

¹²⁾ Augenärztliche Kriegserfahrungen. Halle 1918.

¹³⁾ Die Ursachen der Kriegsblindheit. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 45, 1921, S. 214—231.

¹⁴⁾ Stuckey, Tornlin and Hughes, Trachoma among the Chinese in France. Brit. Journ. of Ophth. Bd. 4, 1920, S. 1—12.

¹⁵⁾ Déclaration obligatoire du trachome. Archives d'Ophth. Bd. 37, 1920, S. 705—13.

¹⁶⁾ De Lapersonne, a. a. O.

¹⁷⁾ Über den Kampf gegen Trachom und Blindheit. Srpski Archiv Jg. 22, 1920, S. 463—95; Ref. Zentralblatt f. d. ges. Ophth. 1921.

¹⁸⁾ Augenerkrankungen in Konstantinopel. Ber. üb. d. 41. Vers. d. Ophth. Ges. zu Heidelberg 1918, S. 242—51.

österreichisch-ungarischen Militäraugenärzte¹⁹⁾, daß das reine Trachom eine durchaus mäßige Ansteckungsfähigkeit besitzt. Denn trachomkranke eingezogene Rekruten infizierten ihre Kameraden nicht ohne weiteres. Doch erwies es sich bald als notwendig, sie zu besonderen Trachombataillonen zusammenzustellen. Eine Endemie von 56 Augentripperfällen sah Lindner²⁰⁾ durch die Unachtsamkeit eines Heilgehilfen bei Soldaten entstehen. Die Gesamtergebnisse der Trachomerkrankungen von Heer und Zivilbevölkerung werden wohl leider der Wissenschaft weder aus Österreich-Ungarn noch aus Rußland jemals bekannt werden, da diese Staaten nunmehr zersplittert, zum Teil in sozialen Wirren verkommen sind und vorläufig keinen Boden für sorgfältige Forscherarbeit mehr abgeben. Wir werden mit der Bereicherung unserer Kenntnisse durch Teilergebnisse aus den Nachfolgestaaten zufrieden sein müssen.

3. Der Krankheitsverlauf²¹⁾

des Trachoms ist in typischen Fällen etwa folgender:

Frühestens vier Tage nach erfolgter Ansteckung erkrankt das befallene Auge unter den Erscheinungen einer Bindehautentzündung, d. h. subjektiv mit dem Gefühl von Jucken, Reiben, Stechen, Lichtscheu; objektiv mit leichter Rötung der die Innenseite der Lider überkleidenden Bindehaut, auch wohl Tränen und Absonderung spärlicher graugelber Schleimflöckchen. In seltenen Fällen kann sich schon am nächsten Tage stürmische Schwellung der Lider (*Lidödem*), der Lidbindehaut und der Augapfelbindehaut (*Che-mosis*) hinzugesellen, die erst nach 2—3 Wochen zurückgeht. Dies ist das echte *akute Trachom*, von den anderen akuten Bindehautentzündungen durch auffallend geringe Schleimabsonderung und später zu besprechende Zeichen zu unterscheiden. In der ungeheuren Mehrzahl der Fälle aber verläuft die Krankheit schleichend, als *chronisches Trachom*, in dessen Verlauf wir zweckmäßig nach Rühlmann drei Stadien unterscheiden können²²⁾.

I. Die Entwicklung und das Wachstum der Follikel, d. h. kleiner, grauer, runder Knötchen oder „Körner“, welche sich zunächst in der unteren und oberen Umschlagsfalte (*Fornix*, Über-

gangsfalte) der Lid- und Augapfelbindehaut bilden. Während sie im Laufe von Tagen oder Wochen wachsen, treten neue Körner, zuerst sehr klein, in der die Lidknorpel (*Tarsus*) überziehenden Bindehaut auf, ragen bald über die Fläche des gesunden Gewebes hervor und verleihen der Innenfläche der Lider jene *rauhe* Beschaffenheit, welcher die Krankheit seit dem Altertum ihren Namen verdankt. Die Körner können Hanfkorngröße erreichen, in Reihen beieinanderstehen und mit ihrer dann gelblich-glasigen Beschaffenheit ein dem *Froschlaich* ähnliches Aussehen annehmen (Fig. 1). Fließen sie zu größeren durchscheinenden Massen zusammen, so entsteht das Bild des *sulzigen Trachoms*. Die Körner können bis zur Augapfelbindehaut und der halbmondförmigen Falte im inneren Augwinkel vordringen. Als bald nimmt aber auch die gesamte Lidbindehaut an dem Krankheitsprozeß teil, indem sie hypertrophiert und sich zu sehr feinen, samtartig aussehenden *Papillen* erhebt, die auch breiter werden und wie Pflastersteine nebeneinander liegen können. Bei der bestehen-



Fig. 1. Starkes Körnertrachom im 1. Stadium („Volltrachom“).

Die Augenlider sind nach auswärts gekehrt.

den starken Rötung mutet die Oberfläche der Lidbindehaut dann wie die einer Himbeere an. Dieses entwickelte Bild des *Volltrachoms* kann nun Monate oder Jahre lang bestehen. Allmählich aber beginnt

II. das Stadium der Rückbildung der Follikel. Die Körner platzen zum Teil auf, degenerieren oder schrumpfen zum Teil, während die papilläre Schwellung unverändert bestehen und die noch übrigen Körner verdecken kann. (Fig. 2.) Die schon vorher verdickten, schweren, herabhängenden Lider (*Pto-sis trachomatosa*) nehmen durch Knorpelverdickung noch an Schwere zu. Nun stellt sich auch die meistens schon im ersten Stadium eingeleitete *Hornhauterkrankung* ein, welche heftigere Beschwerden und häufige Berufsstörungen verursacht. Von oben, oft auch zugleich von unten her verliert der Randteil der Hornhaut seinen Oberflächenglanz, zeigt unter der Lupe graue Epitheltrübungen, weißliche Stellen (*Infil-*

¹⁹⁾ Kriegstagung der Ungar. Ophth. Gesellschaft, Budapest, 11.—12. Juni 1916. I. Thema: Trachom vom Standpunkt der Militärdiensttauglichkeit (v. Scholz, v. Hoor, v. Grosz, Löwenstein, Lauber, Schmeichler, v. Liebermann, v. Barlay, Schulek, Fekete).

²⁰⁾ Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 65, 1920, S. 637—42.

²¹⁾ Die Abbildungen verschiedener Stadien der Krankheit sind aus Axenfelds Lehrbuch der Augenheilkunde (Jena, Gustav Fischer) und aus dem Bildermaterial der Münchner Univ.-Augenklinik (Geh. Rat v. Heß u. Prof. Gilbert) entnommen.

²²⁾ Dies ist die von den preußischen Sanitätsbehörden angenommene Einteilung. Die Unterscheidung von mehr, z. B. sieben Stadien (Mac Callan in Ägypten) halte ich nicht für zweckmäßig.

trate), die sich häufig in kleine *Geschwüre* umwandeln; alsbald ziehen von der geröteten Augapfelbindehaut her feine Gefäße oberflächlich in den klaren Teil der Hornhaut hinein und bilden den sogenannten *Pannus* (Fig. 3). Dieser kann verschieden stark ausgebildet sein: manchmal sehr zart, nur unter der Lupe zu entdecken, oft graugelb, dickfleischig, von einem Gefäßnetz rot überzogen, mit Follikeln besetzt, ja geschwulstähnlich zu mehreren Millimetern Dicke anschwellend. Erreicht der Pannus den Bereich der Pupille, so tritt natürlich eine erhebliche Sehstörung ein, die bei dickfleischiger, die ganze Hornhaut überziehender Beschaffenheit desselben bis zur hoch-

weißlichen Narbe dicht am Lidrande zusammenschrumpfen (Arlt, Straub). Bei leicht verlaufenden Fällen kann die Narbenbildung so geringfügig sein, daß man nur mit der Lupe an Stelle ehemaliger Follikel kleine, silbrig glänzende Narbenfleckchen zu erkennen vermag.

Zwischen den vorgenannten Stadien gibt es nun zahlreiche Übergänge; auch kann man an der gleichen Schleimhaut alle drei Stadien, Follikel, Degeneration und Vernarbung gleichzeitig

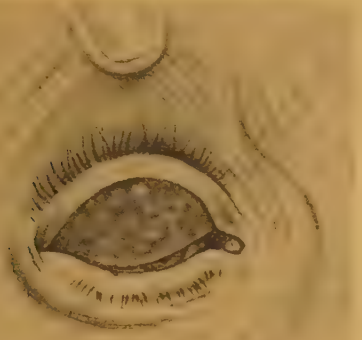


Fig. 2. Degeneratives Trachom (2. Stadium): Dicke, z. T. entartete Körner und rote gewucherte Bindehautpapillen.

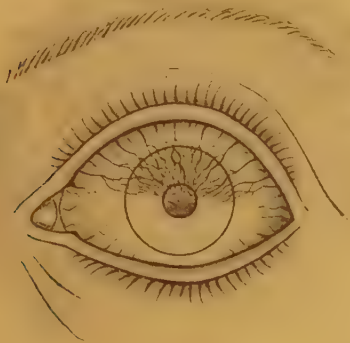


Fig. 3. Hornhautpannus von oben bei Trachom. Schematische Darstellung.

gradigsten Sehschwäche, ja Blindheit fortschreiten kann. Auch die Geschwürbildung in der Hornhaut kann von verschiedener Intensität sein, heftige Schmerzen, Lichtscheu und langdauernde Arbeitsunfähigkeit bewirken.

III. Das Stadium der Vernarbung stellt sich gewöhnlich erst nach jahrelangem Bestehen des Trachoms nach und nach an verschiedenen Stellen der Bindehaut ein und führt unfehlbar zu erheblicher Schrumpfung der Schleimhaut (Fig. 4). Der gesamte Lidknorpel-(Tarsal-)Teil der Bindehaut kann zu einer glatten, dünnen, linienförmigen



Fig. 4. Narbentrachom (3. Stadium) im Oberlide. Beginnende Einkrümmung des Lidknorpels.



Fig. 5. Trichiasis. Durchschnitt des Augapfels und der Lider.

sehen, besonders bei behandelten Fällen. Leichtere Fälle können bei indolenten Kranken bis zum Narbenstadium ohne Beschwerden verlaufen, was ich in Ägypten besonders oft gesehen habe. Schwere und Verlauf der Fälle bieten überhaupt ganz gewaltige Unterschiede.

Sehr wichtig sind nun die *Folgezustände des Trachoms*: die Hornhautentzündungen und -geschwüre können auch ohne gleichzeitigen Pannus *Hornhautflecke* hinterlassen. Der Pannus selbst kann sich zwar erheblich aufhellen, läßt aber stets seine Gefäße zurück, welche sich bei Reizzustän-

den füllen und wohl für das häufige „Nebelsehen“ der Trachomkranken verantwortlich zu machen sind. Die Vernarbung führt unter allen Umständen zu einer Verkleinerung des gesamten Bindehautsackes, und damit zu Verengerung der Lidspalte (*Blepharophimos*), Strangbildung und Verwachsung zwischen Lid- und Augapfelbindehaut (*Symblepharon*), Einkrümmung der Lidknorpel (*Entropion*), Hineinziehen einzelner Wimpern (*Distichiasis*) oder vieler, ja aller (*Trichiasis*), welche durch ihr ständiges Reiben auf der Hornhaut die Entzündung und Geschwürsbildung derselben sowie den Pannus sehr verschlimmern. (Fig. 5.) Die Schleimhaut kann ferner *hyalin* oder amyloid degenerieren, kalkige Konkromente bekommen und epidermisähnlich vertrocknen, was dann beim Übergang auf die Hornhaut (*Xerosis Conjunctivae et Corneae*) zu unrettbarer Erblindung führt. Dieser schlimmste Ausgang des Trachoms ist glücklicherweise verhältnismäßig selten. Lidrandentzündungen und Erkrankungen des Tränennasenganges sind häufige Begleiterscheinungen des Trachoms, seltener Auswärtskehrung (*Ektropion*) der Lider.

Komplizierende Krankheiten gesellen sich dem Trachom mit Vorliebe im ersten Stadium bei: In warmen Ländern ist es vor allem der *Koch-Weeks-Katarrh*, dann die Gonorrhoe der Bindehaut, welche ein akutes Trachom vortäuscht, zugleich aber auch die Gefahr früher Hornhauterkrankung sehr steigert. Diese Mischinfektionen waren es, welche dereinst die „ägyptische oder militärische“ Augenentzündung so furchtbar machten, indem sie durch Tripperinfektion die Hornhäute innerhalb weniger Tage zerstörten. Der mehr chronische, durch den *Diplobacillus Morax-Axenfeld* erzeugte Lidwandbindehautkatarrh ist häufig ein treuer Begleiter des Trachoms, welcher stärkere Absonderung und Hornhautgeschwüre hervorruft. Der *Pneumococcus*, oft aus dem Tränenkanal stammend, kann bösartige Hornhautgeschwüre bei Trachomkranken erzeugen, Durchbruch und Weißflecken der Hornhaut und Vorfall der Regenbogenhaut bewirken. Übrigens kann die vom Pannus ergriffene Hornhaut, obwohl sie gegen Geschwüre ziemlich widerstandsfähig ist, durch ihre Verdünnung dem Augendruck nachgeben und zur örtlichen Ausdehnung (*Keratektasie*) getrieben werden, was besonders schwere Sehstörung macht.

An der Dorpater Klinik (*Germann 1883*) wurden bis 70 % Liderkrankungen, bis 98 % Hornhautveränderungen, bis 94 % herabgesetzte Sehschärfe und 8 % *Xerosis* (letztere nur im III. Stadium) bei Trachomkranken gefunden. Das Krankheitsbild ist also ein außerordentlich vielgestaltiges, der Unterschied zwischen den einzelnen Fällen nach Verlauf und Schwere ein enorm großer.

Noch komplizierter wird das Krankheitsbild bei monate- oder jahrelang behandelten Fällen: die Narbenbildung kann eine übermäßig starke,

die Deformierung der Augenlider eine erhebliche sein. Das sieht man besonders in den Trachomländern des Orients, wo Kurpfuscher oft sehr brutale Behandlungsmethoden anwenden, welche unheilbare Verbiegung und Verkürzung der Augenlider erzeugen können.

(Fortsetzung folgt.)

Was lehrt die Chemie über die Entstehung und die chemische Struktur der Kohle¹⁾?

Von Franz Fischer, Mülheim a. Ruhr.

Als bereits nachgewiesen kann ich voraussetzen, daß Torf, Holz und Kohlen aus vermoderter bzw. verrotter pflanzlicher Substanz im Laufe der Zeit entstanden sind. Eine andere Voraussetzung, die man ebenfalls zweifellos machen darf, ist, daß von chemischen Gesichtspunkten aus gesehen, die Pflanzen von jeher in der gleichen Weise aufgebaut worden sind, ganz gleichgültig, um welche Sorten es sich vom botanischen Standpunkt aus handelt. Wir dürfen annehmen, daß die Assimilation der Kohlensäure der Luft durch das Blattgrün der Pflanze zu allen Zeiten stattgefunden hat und daß sie immer sich vollzog unter Bildung von Kohlehydraten nach der Gleichung Kohlensäure + Wasser + Lichtenergie = Kohlehydrat + Sauerstoff.

Es ist bekannt, daß man annimmt, daß zunächst das einfachste Kohlehydrat, der Formaldehyd, entsteht, und daß dieser reaktionsfähige Körper sich in der Pflanze sofort in der verschiedensten Weise polymerisiert, das heißt, sein Molekül vervielfacht unter Bildung von Zucker oder Zellulose oder Stärke. Die Pflanze besitzt die Fähigkeit, diese Stoffe nach Belieben ineinander umzuwandeln, im Gegensatz zum Chemiker, der das bis heute nur in bestimmter Richtung kann. Der für den Bau der Pflanze wichtigste dieser drei Körper ist nun die Zellulose oder besser gesagt, die Zellulosearten, daneben enthält sie auch Wachse, Harze, Fette und Eiweißstoffe²⁾. Außer der Zellulose befindet sich aber in der Pflanze, insbesondere wenn sie älter wird, noch ein zweiter Bestandteil, der ihr eine gewisse mechanische Festigkeit gibt, das Lignin, der charakteristische Bestandteil der Hölzer, daher auch der Name. Das Lignin oder besser die Ligninarten spielen nun bei den neueren Anschauungen über die Entstehung der Kohle, zu denen uns unsere Forschungen geführt haben, eine besondere Rolle. Deswegen möchte ich gern auf den chemischen Aufbau des Lignins, im Gegensatz zur Zellulose, kurz eingehen. Weder der Bau des Zellulose-

¹⁾ Vortrag, gehalten am 19. Juli 1921 in der 13. Vortragssitzung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung im Kruppischen Saale auf der Kaupenhöhe in Essen-Ruhr.

²⁾ Ein wesentlicher Bestandteil jeder lebenden Pflanze ist natürlich das Wasser.

moleküls noch der Bau des Ligninmoleküls sind bis heute einwandfrei aufgeklärt. Alle die vielen Formelbilder, die bis heute aufgestellt worden sind, sind nur hinsichtlich einiger Teile bewiesen.

Das Einzige, was von den Formeln sicher ist, ist bei der Zellulose, daß sie aufgebaut ist aus mehreren Molekülen d-Glukose, einer Zuckerart, und daß die Glukose wiederum eine furanartige Struktur besitzt, deren Kern aus vier Kohlenstoffatomen und einem Sauerstoffatom besteht. Furan und Abkömmlinge des Furans sind nun leicht mit gewissen Reagenzien zu erkennen (Grünfärbung eines mit Salzsäure befeuchteten Fichtenspanes durch Furan), andererseits läßt sich Zellulose durch Säuren in Zucker überführen, also löslich machen. Die Zucker- bzw. die Furanbildung geben also die Möglichkeit, der Zellulose und deren Abkömmlinge in den Pflanzen, im Torf und in den Kohlen nachzuspüren.

Ebenfalls aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, aber in anderem Verhältnis und in anderer Weise aufgebaut, ist das Molekül des Lignins; charakteristisch für es ist, daß es sich durch konzentrierte Salzsäure nicht verzuckern läßt, sondern darin unlöslich bleibt, daß es Kerne aus sechs Kohlenstoffatomen enthält, also sogenannte Benzolkerne, und daß es verschiedene, leicht nachweisbare Seitengruppen besitzt, ich nenne die Acetylgruppe und die Methoxylgruppe OCH_3 . Letztere interessiert besonders, weil sie sich mit der sogenannten Zeiselschen Reaktion leicht nachweisen läßt.

Es ist nun interessant zu sehen, in welchen Mengen die beiden, uns hauptsächlich interessierenden Stoffe des festen Pflanzengerüsts in ihm auftreten.

Im Sphagnummoos, welches als Moorbildner vielfach in Betracht kommt, ist nur etwa 3 % Lignin enthalten, wenn man den Ligningehalt aus der analytisch festgestellten Menge Methoxyl berechnet. Ein größerer Prozentgehalt ergibt sich, wenn man die Zellulose des Sphagnummooses verzuckert, es hinterbleibt dann nach Professor Keppeler zwischen 9 und 13 % Salzsäureunlösliches. Man darf deshalb wohl annehmen, daß es auch methoxylarme, vielleicht auch methoxylfreie Ligninarten gibt. Andererseits aber spricht ein positiver Ausfall der Prüfung auf Methoxyl immer für das Vorhandensein von Lignin. Beim Kiefernholz haben wir einen Ligningehalt bis 28 %, beim Eichenholz bis zu 37 und bei Nußschalen bis zu 47 %. Man sieht, daß, je härter der betreffende Stoff erfahrungsgemäß ist, um so mehr Lignin enthält er auch. Eine ähnliche Rolle wie das Knochengerüst im menschlichen Körper spielt hinsichtlich der Verfestigung in der Pflanze das Lignin. Man könnte daher besonders im Hinblick auf das, was später noch erwähnt wird, das Lignin die Skeletsubstanz der Pflanze nennen. Was in den Hölzern nicht Lignin ist, ist größtenteils Zellulose. Immer ist die Zellulose in größerer Menge vorhan-

den als das Lignin, nur in den Schalen der Wallnuß sind die Mengenverhältnisse annähernd gleich. Es ist deshalb kein Wunder, daß man bisher und bis in die neueste Zeit hinein die Kohle sich auf dem Wege über den Torf aus der Zellulose entstanden dachte.

Ehe ich nun auf die einzelnen Theorien eingehe, möchte ich auf die Trennungsmethoden für Zellulose und Lignin hinweisen, die ja auch in der Technik eine gewisse Rolle spielen. Man kann die Trennung entweder in der Weise durchführen, daß man die Zellulose auflöst und das Lignin zurückläßt, oder umgekehrt, indem man das Lignin zur Auflösung bringt, während die Zellulose hinterbleibt. Eine ammoniakalische Kupferoxydlösung, das sogenannte Schweizerische Reagens, besitzt die Fähigkeit, Zellulose zu lösen, und aus ihr kann man die Zellulose, wenn auch in etwas veränderter Form, wiedergewinnen. Man macht von dieser Methode industriellen Gebrauch bei der Kunstseidenfabrikation, das dabei erzeugte Produkt führt den Namen Glanzstoff.

Ein weiterer Weg, die Zellulose aufzulösen und das Lignin zu hinterlassen, besteht in der Behandlung mit hochkonzentrierter Salzsäure nach der Methode von Willstätter und Zechmeister. Hierbei wird die Zellulose in Zucker umgewandelt.

Der umgekehrte Weg, die Auflösung des Lignins unter Zurücklassung der Zellulose, wird von der Zellstofffabrikation benutzt. Man bedient sich entweder dazu des sauren, schwefligsauren Kalks und erhält dabei als Abfallprodukt die bekannte Sulfatlauge und als gewünschtes Produkt den Zellstoff, oder man benutzt Natronlauge, welche zu dem sogenannten Natronzellstoff führt, während das Lignin sich unter Bildung der sogenannten Schwarzlauge, die einstweilen ebenfalls nur Abfallprodukt ist, auflöst.

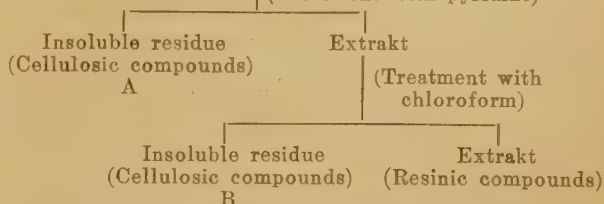
Nach dieser kleinen Abschweifung möchte ich nun ein Bild geben, wie man sich, insbesondere in England und Frankreich, die Entstehung der Kohle bisher gedacht hat. Aus dem in Tafel 1

Tafel 1.

Kohleaufbau nach Wheeler.

Bituminous coal

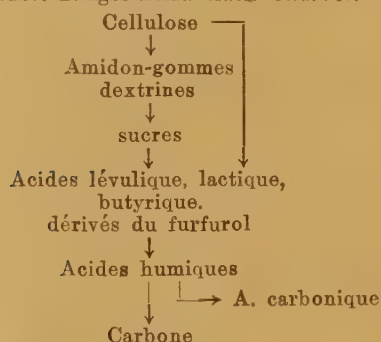
(Treatment with pyridine)



wiedergegebenen Schema von Wheeler kann man dessen Auffassung über die Entstehung der Kohle ansehen. Danach besteht die fertige Kohle aus zellulosischen und harzartigen Verbindungen. Der Voraussetzung entsprechend, daß die Kohle von der Zellulose abstammende Verbindungen enthält, nimmt Wheeler in ihr den Furankern an,

der nach seiner Meinung die Ursache für das Auftreten der Phenole bei der Destillation der Kohle ist. Einen besonderen Beweis für die Richtigkeit seiner Annahme hat *Wheeler* nicht geführt, man kann aber seine Ansicht durchaus verstehen auf Grund der Selbstverständlichkeit, mit der man bisher überall die Zellulose als Ursprungssubstanz der Kohle ansah, verführt wahrscheinlich durch die Tatsache, daß die Zellulose immer der überwiegende Teil der pflanzlichen Substanz ist.

Tafel 2.

Kohleentstehungsschema nach *Chardet*.

Tafel 2 gibt ein Schema der Entstehung nach *Chardet*. Nach ihm würde die Zellulose bei der Vertorfung in Zucker und dann in die bekannten, braunen Huminsäuren übergehen, schließlich in Kohle bzw., wie *Chardet* sich ausdrückt, in Kohlenstoff. Diesem Schema liegt nach meiner Ansicht ein prinzipieller Irrtum zugrunde, der aber auch von vielen anderen Forschern begangen wird. Es ist wohl möglich, daß die Zellulose unter den biologischen Verhältnissen der Natur in Zucker übergehen kann. Aber es ist bisher von niemandem nachgewiesen, daß Zucker oder Zellulose in der Natur in die bekannten braunen Huminsäuren oder Humusstoffe übergehen. Im Laboratorium gelingt es allerdings, durch Erhitzen mit konzentrierter Salzsäure aus Zucker humusähnliche Stoffe zu erzeugen, aber weder liegen in der Natur derartige Verhältnisse vor, noch ist eine Übereinstimmung des auf diese Weise künstlich gewonnenen Humusstoffs mit den natürlichen bewiesen worden, die rein äußerlichen Merkmale sind kein Beweis.

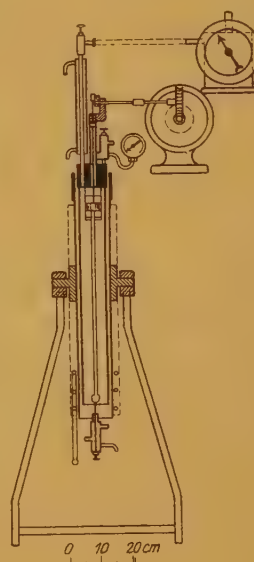
Ich erwähnte schon, daß auch in Deutschland fast allgemein der Ansicht gehuldigt wird, daß die Zellulose die Ursprungssubstanz der Kohle sei, und gerade in der letzten Zeit haben sich, veranlaßt durch die Veröffentlichung der von meinem Mitarbeiter Herrn Dr. *Schrader* und mir aufgestellten Lignintheorie der Kohle, zahlreiche Verfechter der Zelluloseabstammung zum Wort gemeldet, die von der Stiehhaltigkeit unserer Gründe noch nicht überzeugt sind, so *Marcusson*, *Keppeler*, *Bergius*, *Jones*, *Klever*.

Es ist uns aber inzwischen gelungen, noch eine Reihe weiterer Beweise ausfindig zu machen,

denen sich unsere Gegnerschaft auf die Dauer nicht entziehen kann.

Wenn der Chemiker vor die Aufgabe gestellt wird, die Beziehungen verschiedener organischer Stoffe zueinander zu ermitteln, so ist er häufig gezwungen, zu der Methode des sogenannten chemischen Abbaues zu greifen. Diese Methode besteht darin, daß man durch Anwendung möglichst mildwirkender Mittel die zu untersuchenden Moleküle durch sukzessive Abspaltung einzelner Teile so lange verkleinert oder durch Anlagerung anderer Gruppen so lange verändert, bis man zu Stoffen kommt, die man schon kennt. Im Falle der Kohle und ihrer etwaigen Vorstufen kann man also auf diese Weise gemeinschaftliche Grundbestandteile erkennen. Die Methode, die wir benutzt haben, nennen wir die Druckoxydation. Wir haben sie zwar zu technischen Zwecken entwickelt, sie hat uns aber auch für wissenschaft-

Tafel 3.





liche Zwecke unerwartete, interessante Aufschlüsse gegeben. Die Druckoxydation besteht darin, daß wir die betreffenden Stoffe feingepulvert in verdünnter Sodalösung aufschlämmen und in einer stählernen Apparatur, die auf Tafel 3 abgebildet ist, auf 180° erhitzen und gleichzeitig mit komprimierter Luft behandeln. Es findet dabei eine Oxydation bei niedriger Temperatur durch den Luftsauerstoff statt, und die Brennstoffe gehen dabei im Laufe der Zeit vollständig in wasserlösliche Verbindungen über.

Unser Druckoxydationsapparat der Tafel 3 ist so eingerichtet, daß er mit Hilfe einer besonderen innen angebrachten Pumpe ein vielfaches Durchpressen der komprimierten Luft durch den flüssigen Autoklaveninhalt gestattet. Hierdurch wird ein gutes Durchrühren des aufgeschlämmten Brennstoffes und ein schnelles Arbeiten erzielt. Die verbrauchte Luft geht dann

durch einen besonderen Druckkühler, in welchem der Wasserdampf kondensiert und als Wasser in den Apparat zurückgeleitet wird. Am oberen Ende des Druckgefäßes wird die Luft entspannt und strömt völlig trocken durch eine Gasuhr. Aus der Tafel 4 erkennt man, welche Stoffe wir

Tafel 4.

Ergebnis des Abbaues der verschied. Stoffe	 Furan nachgewiesen	 Benzolkarbon- säuren nachgewiesen
Zellulose	ja	nein
Lignin	nein	ja
Zucker	ja	nein
Künstl. Huminsäuren aus Zucker	ja	ja
Natürl. Huminsäuren .	nein	ja
Braunkohle	nein	ja
Steinkohle	nein	ja

Es entsteht nach geolog. Alter geordnet folgende Reihe:

Benzolreihe	Daneben die Furanreihe
Lignin	Zellulose
Natürliche Harnsäuren	Zucker
Braunkohle	Künstliche Huminsäuren
Steinkohle	

auf diese Weise dem chemischen Abbau durch Druckoxydation unterworfen haben. Wir haben untersucht: Zellulose, Lignin, Zucker, künstliche Huminsäuren aus Zucker, natürliche Huminsäuren, Braunkohle und Steinkohle. Gleich bei Beginn der Versuche zeigte sich ein interessanter Unterschied zwischen dem Verhalten der Zellulose und dem des Lignins. Lignin löste sich unter Bildung einer humusbraunen Lösung, Zellulose aber gab eine helle Lösung. In den Spalten der Tabelle 4 sieht man nun, bei welchen Stoffen wir als Abbauprodukte Furanderivate und bei welchen wir Benzolderivate haben nachweisen können. Ordnet man nun diejenigen Naturprodukte, bei denen wir Benzolderivate haben nachweisen können, nach dem geologischen Alter in eine Reihe, so gibt sich als Benzolreihe ganz zwanglos: Lignin, natürliche Huminsäure, Braunkohle, Steinkohle, während sich die Zellulose in der Furanreihe befindet. Daraus schließen wir nun, daß das Lignin und nicht die Zellulose die Muttersubstanz der natürlichen Humusstoffe und der Kohlen ist.

Tafel 5 zeigt noch etwas Näheres über die Menge und die Art der durch die Druckoxydation bisher gewonnenen Abbauprodukte der einzelnen Stoffe. Neben der Kohlensäure haben wir immer erhalten: flüchtige Säuren, wie Ameisensäure, Essigsäure usw. und nichtflüchtige, wasserlösliche Säuren. Die Menge der letzteren bezogen auf den Brennstoff zeigt Spalte 2. Es ist uns noch nicht

Tafel 5.

Nähere Angaben über die bei der Druckoxydation erhaltenen Abbauprodukte nach Menge und Art, angegeben in Prozenten auf das Ausgangsmaterial.

	Flüchtige Säuren	Nicht flüchtige Säuren	Davon bis jetzt identifiziert	
			Menge	Art
Zellulose	ca. 28	ca. 14	0,7 5,0	(Fumarsäure Bernsteinsäure Oxalsäure
Lignin	ca. 11	ca. 34	> 0,3 3,7 7,2	Mellithsäure Benzolpenta- karbonsäure Oxalsäure
Braun- kohle	ca. 14	ca. 34		Mellithsäure Benzolpenta- karbonsäure Pyromellith- säure oder Phtalsäure Benzoessäure
Stein- kohle	nicht bestimmt	ca. 30	+ 0,58 0,93 0,33 0,35	(Mellithsäure Benzolpenta- karbonsäure Trimesinsäure Phtalsäure Isophtalsäure Benzoessäure
		nach Er- hitzung unter Druck hiervon	11 %	Benzoessäure u. Phtalsäure

gelingen, die Individuen sämtlich zu identifizieren, was angesichts der Schwierigkeit der Arbeit nicht verwunderlich ist. Was wir bereits nachgewiesen haben nach Menge und Art, ist in Spalte 3 aufgeführt und zeigt eben, daß wir bei Lignin, Torf und Kohle durchweg Benzolkarbonsäuren gefunden haben. Wenn wir deshalb sagen, daß es sich bei diesen um eine Entwicklungsreihe handelt, so sagen wir gleichzeitig, daß wir zu dem Ergebnis gekommen sind, daß diesen Stoffen gemeinsam die Benzolstruktur zugrunde liegt, mag auch das Molekül durch Häufung von Gruppen noch so kompliziert sein.

Es war uns aber ein natürliches Bedürfnis, auch noch andere Beweise für die chemische Verwandtschaft des Lignins und der Vorstufe der Kohlenbildung, der Huminsäure, aufzusuchen. Herr Dr. Tropsch und Herr Dr. Schellenberg haben sich bei uns mit der Behandlung dieser Stoffe mit Salpetersäure befaßt. Sie haben gefunden, daß sowohl das Lignin als die Huminsäure durch Einwirkung von Salpetersäure gelbe Nitroverbindungen liefern. Speziell beim Lignin, dessen aromatische bzw. Benzolstruktur noch vielfach bezweifelt wird, ist es Dr. Tropsch gelungen, nachzuweisen, daß schon durch verdünnte Sal-

petersäure sich ein in Wasser unlöslicher, aber in Alkohol, Aceton und in Alkali löslicher Nitro-körper bildet, der scheinbar ein Nitrophenol ist. Aus den verschiedenen Nitroverbindungen der Huminsäure wurden von Dr. Schellenberg bis jetzt 4 % eines kristallisierten, einheitlichen Körpers isoliert, der den bitteren Geschmack der Pikrinsäure und ein ausgezeichnetes Färbevermögen für Wolle besitzt. Ich will auf die weiteren Einzelheiten hier nicht eingehen, sondern auf unsere Veröffentlichungen in der „Brennstoff-Chemie“¹⁾ und in unsern „Gesammelten Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle“²⁾ verweisen. Soviel aber kann gesagt werden, daß das Verhalten von Lignin und Huminsäure gegen Salpetersäure außerordentlich ähnlich ist, und daß die Bildung von Nitrophenolen unsere Anschauung von der aromatischen Natur der beiden Körper bestätigt.

Tafel 6.

Ergebnisse unserer Versuche über die Sauerstoffaufnahme (Oxydation) der alkalisch befeuchteten Stoffe.

Material	5g nahmen in 16 Tagen ccm O ₂ auf	Sichtbare Veränderung
Zellulose ³⁾	70	nur Quellung
Lignin ⁴⁾	260	tiefbraune Lösung
Rhein. Braunkohle ...	140	tiefbraune Lösung
Steinkohle	10	keine Veränderung
(selbstentzündlich)		

Interessant sind nun auch die Versuche, die wir bezüglich der leichten Oxydierbarkeit angestellt haben. Wir haben Lignin, ferner Zellulose, Braunkohle und Steinkohle feingepulvert, mit etwas Alkalilauge in Berührung gebracht und der Einwirkung von Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur ausgesetzt. Lignin und Braunkohle zeigten eine außerordentlich starke Sauerstoffabsorption und Lignin löste sich im Gegensatz zur Zellulose langsam unter Bildung einer tiefbraunen Lösung auf. Man sieht aus diesen Versuchen, daß tatsächlich das Lignin schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Oxydation humusähnliche Stoffe bildet, die Zellulose aber nicht. Ganz dazu passende Ergebnisse lieferten uns unsere Gärungsversuche. Wir haben Zellulose, ferner Lignin und ferner Holz und Sphagnummoos, jeden Stoff für sich, mit einer anorganischen Nährlösung versetzt, durch Ausziehen von Gartenerde mit Wasser die nötigen Bakterien hineingebracht und im Brutschrank bei 37° sich selbst überlassen. Am schnellsten begannen die Pilzkulturen auf Sphagnum zu wachsen, ungefähr gleich schnell schreiten sie fort auf Holz und auf Zellulose. Die Zellulose war schließlich vollkommen bedeckt mit einer Schicht weißer, fadenförmiger Pilze, bei dem Lignin war nichts zu

¹⁾ Verlag Girardet in Essen/Ruhr.

²⁾ Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin.

³⁾ Filtrierpapier.

⁴⁾ Willstättersches Lignin.

Tafel 7.

Ergebnisse unserer Gärungsversuche mit Bakterien aus Humuserde (Gartenerde) in mineralischer Nährlösung schwimmend bei 37° im Brutschrank.

Material	Die ersten Pilzkolonien werden sichtbar nach wieviel Tagen
Sphagnum	2
Sägespäne (Kiefer)	2
Künstliches Gemisch von Zellulose ²⁾ und Lignin ¹⁾ ..	19, aber nur auf dem Filtrierpapier
Zellulose ²⁾	9
Lignin ¹⁾	gar nicht

sehen. Diese Gärungsversuche ergänzen die kurz vorher angeführten Oxydationsversuche. Beide zusammengefaßt führen zu dem Schluß, daß das Lignin in der Natur (möglicherweise durch Oxydation) in Huminsäure übergeht, während die Zellulose von den Bakterien vergoren wird.

Unsere Gärungsversuche bestätigen, was ich schon einmal erwähnt habe, daß bisher niemand unter natürlichen Verhältnissen hat nachweisen können, daß aus Zellulose Huminsäuren entstehen. Als Zeugen kann ich da anführen: Hoppe-Seyler, Professor Ehrenberg, Professor Keppeler und Stoklasa. Die Tatsache, daß die Zellulose der Vergärung jedenfalls sehr viel schneller anheimfällt als das Lignin, muß sich nun in der Natur bei der Vermoderung des Holzes und bei der Bildung der Torfmoore nachweisen lassen. Ehe ich jedoch hierauf eingehe, möchte ich noch einmal daran erinnern, daß der Ligningehalt durch die Bestimmung der Methoxylgruppe nach Zeisel erkannt werden kann, oder wenn wir den Begriff Lignin etwas weiter fassen wollen, dann sind diese ligninähnlichen Stoffe auch dadurch nachweisbar, daß sie bei der Verzuckerung der Zellulose mit hochkonzentrierter Salzsäure unlöslich hinterbleiben.

Tafel 8.

Tabellé von Rose und Lisse über das Verschwinden der Zellulose und die Anreicherung des Lignins bei der Vermoderung des Holzes.

	Zellulose	Methoxyl- gruppen	alkali- löslich	in kaltem Wasser löslich	in heißem Wasser löslich
Frisches Holz	59,0	3,9	10,6	4,0	2,2
Halbvermodertes Holz	41,7	5,2	38,1	1,8	4,2
Ganzvermodertes Holz	8,7	7,8	65,3	1,2	7,8

Tafel 8 gibt eine Zusammenstellung der Ergebnisse von Rose und Lisse über die Vorgänge bei der Vermoderung des Holzes. Rose und Lisse haben frisches, halbvermodertes und schließlich ganz vermodertes Holz eines Baumes untersucht und dabei folgende interessante Ergebnisse ge-

¹⁾ Das Lignin war nach der Willstätterschen Methode gewonnen.

²⁾ Filtrierpapier.

funden. Die nachweisbare Zellulose nahm mit der Vermoderung von 59 auf 8½ % ab, der Methoxylgehalt dagegen verdoppelte sich. Daraus geht ohne weiteres hervor, daß das Lignin, das vorher etwa 30 % ausmachte, im Verlauf der Vermoderung des Holzes mindestens auf 60 % angestiegen ist. Auch die Menge der alkalilöslichen Stoffe nimmt während der Vermoderung gewaltig zu. Die Berechnung ergibt, daß mindestens die Hälfte der alkalilöslichen Bestandteile aus einer methoxylhaltigen Huminsäure bestehen muß. Bezüglich der anderen Hälfte ist es immer noch möglich, daß er ebenfalls dem Lignin entstammt, aber infolge des Verlustes der Methoxylgruppe an dieser nicht mehr erkannt werden kann.

Tafel 9.

Die Zunahme der ligninartigen oder von ihm abstammenden Stoffe mit dem Alter (Tiefe) des Torfes.

	Tiefe m	Asche- gehalt %	Meth- oxyl %	In hoch- konzentrierter Salzsäure unlöslich %	In Na- tron- lange löslich %	Bitumen- gehalt %
Velener Torf 1	0	1,8	0,49	29,5	11	2,0
" " 2	0,9	1,7	1,22	58,0	20	4,9
" " 3	1,8	1,8	1,67	72,5	35	7,7
Lauchhammer Torf 3	zu- neh- mende Tiefe	7,1	2,97	74,5	—	5,3
" " 4		6,8	2,73	77,5	—	6,3
" " 5		6,6	1,66	85,5	—	12,2

Wir haben nun unter Mitarbeit von Herrn Dr. Friedrich in unserm Institut gefunden, daß in einem Torflager (Velen i. W.) der Methoxylgehalt des Torfes zunächst deutlich mit der Tiefe, das heißt mit dem Alter des Torfes zunimmt, was also für eine Anreicherung des Lignins mit dem Alter des Torfes spricht. Auch die andere Untersuchungsmethode auf ligninartige Abkömmlinge, die Untersuchung mit hochkonzentrierter Salzsäure, zeigt, daß mit zunehmendem Alter die Menge der in hochkonzentrierter Salzsäure unlöslichen Teile zunimmt. Eine Proportionalität zwischen der Zunahme des Methoxylgehaltes und der Zunahme der in Salzsäure unlöslichen Teile darf man allerdings nicht verlangen, denn es ist sehr gut möglich, daß dauernd nebenher eine gewisse Abspaltung von Methoxylgruppen stattfindet, über deren Tempo wir natürlich nichts wissen. Auch ist zu bedenken, daß ein immerhin ab und zu auftretender Vegetationswechsel bei der Bildung der Torfmoore stattgefunden haben kann. Wer sich für Untersuchungen über den Verrotungsgrad der Moore interessiert, sei auf die Arbeiten von Professor Keppeler in Hannover verwiesen. Ein älterer Torf, den wir noch untersucht haben, der aus Lauchhammer stammt, zeigt ebenfalls mit zunehmender Tiefe eine Zunahme der in Salzsäure unlöslichen Bestandteile. Lediglich zufälligerweise schließen sich diese Zahlen an diejenigen des Velener Torfes an. Bei dem Lauchhammer Torf aber kann man deutlich erkennen, wie die Methoxylzahl mit steigendem

Alter wieder abnimmt, das würde also heißen, daß die aus dem Lignin entstandenen Huminsäuren im Laufe der weiteren Entwicklung ihre Methoxylgruppe verlieren. Tatsache ist, daß, während man bei der Braunkohle das Methoxyl noch nachweisen kann, dieser Nachweis bei der Steinkohle nicht mehr gelingt.

Andere interessante Aufschlüsse gibt die letzte Spalte der Tafel 9. Sie zeigt, wie bei beiden Torfarten der Bitumengehalt mit steigendem Alter zunimmt. Man könnte daraus ja schließen, daß in früheren Zeiten die Pflanzen wachsreicher waren, aber sehr viel einfacher erscheint die Erklärung, daß ebenso wie der Ligningehalt sich prozentisch durch das Verschwinden der Zellulose anreichert, dies natürlich auch der Wachsgehalt tun muß. Wenn wir die Ligninabkömmlinge oder die Humussubstanz mit dem übrigbleibenden Knochengerüst einer Leiche vergleichen, dann können wir auch die relative Zunahme des Bitumengehaltes in Vergleich setzen mit dem bei der Verwesung übrigbleibenden Leichenwachs.

Tafel 10.

Erkennung zusammengehöriger Stoffe am Methoxyl-
(OCH₃-) Gehalt.

	0 0
Zellulose	0
Lignin	15
Natürliche Huminsäuren	1—2
Ligninhuminsäuren	14
Zuckerhuminsäuren	0
Torf	ca. 2
Braunkohle	ca. 2
Steinkohle	0

Die methoxylhaltigen Stoffe nach geologischem Alter
geordnet

Lignin,
natürliche Huminsäuren,
Torf,
Braunkohle,
Steinkohle?

Wie Tafel 10 zeigt, kann überhaupt die Untersuchung der in Frage kommenden Stoffe auf einen Methoxylgehalt herangezogen werden zur Beantwortung der Frage nach der Ursprungssubstanz der Kohle. Wir sehen, daß, wenn wir die in der ersten Tafel als methoxylhaltig erkannten Substanzen nach ihrem geologischen Alter anordnen, daß wir auch dann wieder zu der schon mehrfach erwähnten Reihe: Lignin, natürliche Huminsäuren, Torf, Braunkohle kommen, während die Stoffe Zellulose, Zucker und Zuckerhuminsäuren nicht hineinpassen. Als letztes Glied ist in die untere Tafel die Steinkohle eingesetzt, die zwar kein Methoxyl nachweisen läßt, für die wir aber in anderer Weise, nämlich durch die Druckoxydation, die Zugehörigkeit zur Reihe nachgewiesen haben. Aber es gibt noch eine andere Möglichkeit, die Beziehung der Steinkohle zur Braunkohle und zum Torf zu veranschau-

lichen. Man kann nämlich dazu die Untersuchung der Wachse bzw. der aus diesen bei der Destillation entstehenden Paraffine heranziehen.

Tafel 11.

Die im Bitumen enthaltenen höheren Fettsäuren und die daraus durch Destillation entstehenden Paraffine.

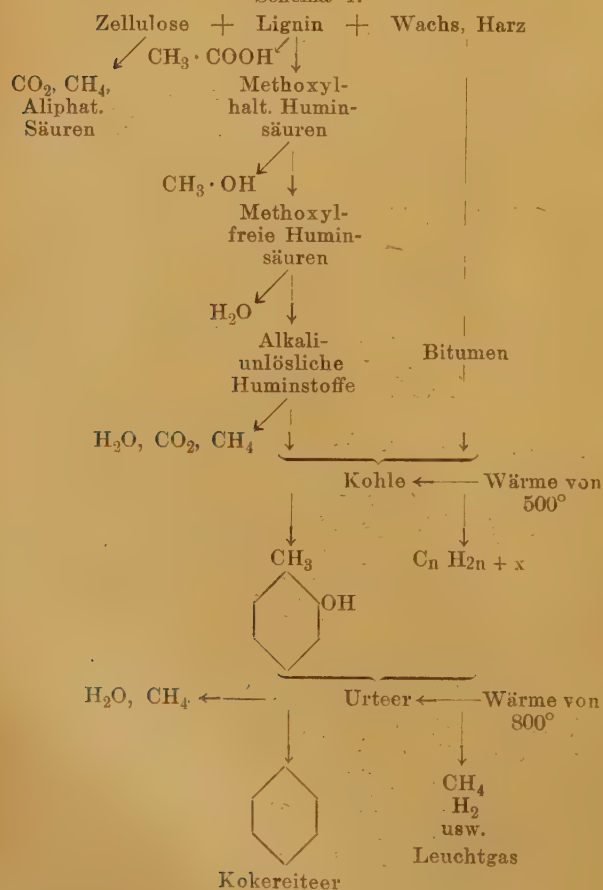
	Fettsäure	Paraffin
Torf	C_{28} (Montansäure)	C_{27}
Braunkohle	C_{28}	C_{27}
Steinkohle	?	C_{27}

Sowohl das Wachs des Torfes als der Braunkohle enthält vorwiegend eine hochschmelzende Fettsäure, die den Namen Montansäure führt und 28 Kohlenstoffatome hat. Bei geeigneter Destillation geht sie unter Verlust von einem CO_2 über in einen Paraffinkohlenwasserstoff mit 27 Kohlenstoffatomen. Bei der Steinkohle ist uns der Nachweis der Montansäure bisher nicht geglückt, aber in Gemeinschaft mit *Glud* habe ich schon früher darauf hingewiesen, daß die festen Paraffine des Steinkohlenurteers ebenfalls den Kohlenwasserstoff C_{27} enthalten. Die Übereinstimmung in den Paraffinen des Urteers weist also die Steinkohle ebenfalls als Endglied in die Reihe Lignin, Torf, Braunkohle.

Das Schema der Tafel 12 deutet an, daß nach

Tafel 12.

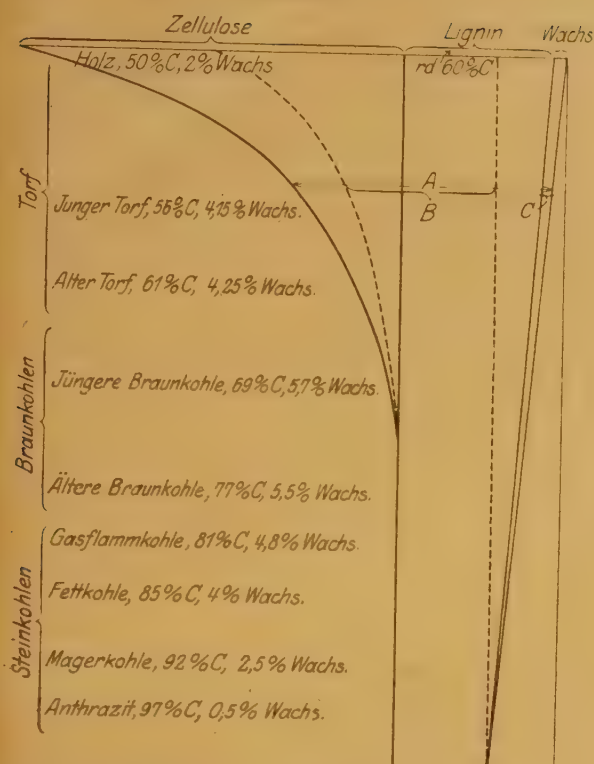
Schema 1.



unserer Auffassung die Zellulose im Laufe des Verstorungsstadiums weitgehend verschwindet, während das Lignin unter Abspaltung der Acetylgruppe und vielleicht unter Aufnahme von Sauerstoff in methoxylhaltige Huminsäuren übergeht und demnach eine relative Anreicherung erfährt. Es ist nun zwar von anderer Seite darauf hingewiesen worden, daß das Verschwinden der Zellulose nicht möglich sei, weil sonst die Zellstruktur, die man in den Kohlen noch häufig trifft, nicht mehr erhalten sein könne. Dieser neuerdings von Herrn Professor *Erdmann* (Halle) uns gemachte Einwand ist aber durchaus hin-fällig, denn man kann an dem nach *Willstätter* mit hochkonzentrierter Salzsäure aus Holz hergestellten Lignin noch gut die Holzstruktur erkennen. Sogar die Form der Sägespäne, die dazu verwendet wurden, bleibt trotz des Verschwindens der Zellulose erhalten. Aber einen noch viel besseren Beweis für die Bedeutungslosigkeit des Erdmannschen Einwandes habe ich vor kurzem in die Hände bekommen. Herr Geheimrat *König* aus Münster schickte mir eine unter seiner Leitung ausgeführte Dissertation über die Chemie und Struktur der Pflanzenzellmembran und schreibt dazu: „Gleichzeitig beehre ich mich, Ihnen eine hier unter meiner Leitung ausgeführte Arbeit über die Struktur der Zellmembran zu übersenden, worin nachgewiesen wird, daß alle Zellmembrane Lignin enthalten und diese sich mechanisch von der Zellmembran abtrennen läßt, sowie, daß es ebenso wie das Kutin die Struktur der Zellmembran hat. Es dürfte Sie dieser Nachweis vielleicht deshalb interessieren, weil Sie neuerdings die Ansicht ausgesprochen haben, daß die Kohle aus dem Lignin entstanden ist.“

Die Mitteilungen des Herrn Geheimrat *König* zeigen also sehr schön, daß die Beobachtung der Formen der Zellmembran in den Kohlen nicht gegen deren Entstehung aus dem Lignin spricht.

Kehren wir nun zu dem Schema der Tafel 12 wieder zurück, so sehen wir, daß auf die methoxyl-freien Huminsäuren in der Entwicklung wahr-scheinlich alkaliunlösliche Huminstoffe folgen, die schließlich durch Vorgänge, über die man ver-schiedener Meinung sein kann, unter Abspaltung von Wasser, Kohlensäure und Methan in die Kohle sich verwandeln. Die ursprünglich in der Pflanze vorhandenen Wachse und Harze sind in dieser Zeit in das sogenannte Bitumen der Kohle übergegangen. Die Summe der aus dem ur-sprünglichen Lignin entstandenen Stoffe, das heißt der Humusanteil der Kohle + dem Bitu-men repräsentiert die bituminöse Kohle. Um sich ein ungefähres Bild zu machen über den Mate-rialschwund und die relative Anreicherung der Lignin- und Wachsabkömmlinge bei der Bildung der Kohle, kann man sich des Schemas der Tafel 13 bedienen. Hier erkennt man, wie während der Verstorungszeit die Zellulose verschwindet, wäh-rend die Lignin- und Wachsabkömmlinge sich zwar nicht absolut, aber doch relativ anreichern. Ob bei der Bildung der Steinkohle wirklich

Tafel 13.
Schema 2.

höhere Temperaturen mitgewirkt haben, erscheint fraglich, notwendig ist die Annahme meiner Meinung nach nicht, denn in den ungeheueren Zeiträumen, um die es sich handelt, können Vorgänge sich abgespielt haben, zu deren schnelleren Durchführung man im Laboratorium allerdings der höheren Temperatur bedarf.

Doch wenden wir uns noch einmal zu der unteren Hälfte des Schemas in Tafel 12 zurück! Erhitzen wir die Kohle, ganz gleichgültig, ob es Braunkohle oder Steinkohle ist, langsam auf Temperaturen bis 500°, so zersetzt sich der Humusanteil unter Abgabe von Phenolen, der wachsartige Bitumenanteil unter Bildung von Kohlenwasserstoffen, die dem Erdöl nahestehen. Das Gemisch der Phenole und des künstlichen Erdöls ist nichts anderes als der Urteer der betreffenden Kohle.

Erhitzt man nun diesen Urteer bis auf 800° in Gegenwart von Wasserstoff oder stürzt man die Kohle zwecks ihrer Destillation gleich in entsprechend heiße Retorten oder Kammern, wie es ja in den Gasanstalten und Kokereien auch geschieht, dann wird der Urteer weiter verändert; ob vollständig oder nicht, hängt natürlich von den Arbeitsbedingungen ab. Aus den Phenolen entsteht durch Reduktion, wie wir gefunden haben, nun das Xylol, das Toluol und das Benzol, und zwar vorwiegend das letztere, während die erdölartigen Bestandteile des Urteeres, ähnlich wie beim Ölgasprozeß, in Gas verwandelt werden. Nach unseren Ergebnissen stammen also das Benzol und die anderen aromatischen Bestandteile des gewöhnlichen Steinkohlenteeres im we-

sentlichen aus dem Lignin der ursprünglichen Pflanze. Ich könnte zur Stütze unserer Auffassung noch mancherlei anfügen und zeigen, daß nicht nur die Huminsäuren, sondern schon das Lignin die besondere Eigenschaft hat, einen phenolreichen Teer zu liefern, dessen Phenol wir später in Form von Benzol erhalten, aber das würde hier zu weit führen.

Nicht nur für wissenschaftliche Zwecke sind solche Untersuchungen notwendig, auch ihre praktischen Ausblicke sind nicht zu unterschätzen. Denken wir nur an die vielerörterte Frage, ob es möglich sei, direkt aus Kohlen menschliche Nahrungsmittel wie vielleicht Zucker oder Stärke und dergleichen zu erzeugen. Diese Möglichkeit muß man nach unserer Meinung verneinen, denn die dazu notwendigen Grundstoffe, nämlich die Zellulose und ihre Abkömmlinge, sind längst ein Opfer der Bakterien oder anderer Prozesse geworden, beim Torf sind sie in den jungen Schichten noch vorhanden, in den älteren schon stark geschwunden. Es ist wohl überhaupt gar nicht die Aufgabe der Chemie, in normalen Zeiten menschliche Nahrungsmittel aufzubauen, das überläßt man viel besser der Landwirtschaft oder tut es auf dem Wege über die Landwirtschaft durch Erzeugung von Nährstoffen für die Pflanzen.

Besprechungen.

Meyer, Viktor, und Paul Jacobson, Lehrbuch der organischen Chemie. Herausgegeben von Paul Jacobson, 2. Band, 3. Teil, Heterocyclische Verbindungen, 1. und 2. Auflage. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1920. XXII, S. 1153 bis 1634. Preis M. 90,—.

Das Erscheinen des Bandes, welcher sich mit der Chemie der heterocyclischen Verbindungen beschäftigt und damit den systematischen Teil des Gesamtwerkes zum Abschluß bringt — es fehlt jetzt nur noch die Schilderung der Naturstoffe unbekannter Struktur —, bietet erwünschten Anlaß zu einer Besprechung des ganzen Werkes.

Seine Geschichte mag seltsam klingen. Obwohl die ersten Anfänge bis ins Jahr 1889 zurückreichen, obwohl der erste Band über nichtcyclische Stoffe schon vor etwa zehn Jahren in zweiter Auflage erschienen ist und der isocyclische Teil noch länger auf eine Neubearbeitung wartet, mußte die erste Auflage doch bis heute immer noch unvollständig bleiben. Begreiflich, wenn man den monumentalen Charakter des Werkes bedenkt — erstaunlich sogar, daß die Arbeitskraft eines einzigen Mannes ausreicht, das verstreute, schier unübersehbare Forschungsmaterial der organischen Chemie zu einem bis ins einzelne durchgearbeiteten Kunstwerk von so homogener Struktur zusammenzuschweißen.

Wenn Jacobson eine Erneuerung des isocyclischen Teiles seines Buches vorerst zurückgestellt hat, um sich der erstmaligen Bearbeitung der heterocyclischen Verbindungen zu unterziehen, so ist das vom Standpunkt des Lesers lebhaft zu begrüßen. Ist doch der Schwerpunkt unseres Interesses seit geraumer Zeit schon von der reinen Benzolchemie nach anderen Forschungsgebieten verschoben. So wird hier der Sammelbegriff der heterocyclischen Verbindungen zum Rahmen, in

dessen Grenzen uns *Jacobson* eine Fülle der wichtigsten neueren Forschungsergebnisse übermittelt. Die Meisterarbeiten der beiden letzten Jahrzehnte über Blatt-, Blut- und Blütenfarbstoffe, das unerschöpfliche und noch immer im Fluß befindliche Gebiet der Alkaloide mit allen seinen ergebnisreichen Teil- und Nachbargebieten, beginnend bei Pyrrol, Pyridin und ähnlichen Grundstoffen bis hinauf zu den heute so eifrig bearbeiteten Nucleinsäuren, mögen als einzelne Beispiele genannt sein. Oder *Willstätters* Synthese des Cyclooctatetraens, welche das in der Einleitung unseres Bandes erneut aufgerollte Problem des sogenannten aromatischen Charakters im Sinne der zentrischen Formulierung zu entscheiden erlaubt. Nicht unerwähnt, wenn auch im wesentlichen schon einem etwas älteren Forschungskreis angehörend, darf ferner das Kapitel über Indigoblau bleiben als ein Kleinod vollendeter Darstellungskunst.

Jacobsons Werk erscheint im anspruchslosen Gewande eines Lehrbuchs. Der Name könnte erinnern an jene Darstellungen, welche ausdrücklich für das Bedürfnis des Anfängers verfaßt, sich auf die Hauptpunkte gesicherter Erkenntnis beschränken, oder aber an jene umfangreicheren Werke, welche zu Nachschlagezwecken eine Fülle von Tatsachen- und Zahlenmaterial in gedrängter Kürze aufzählen. Die Nachteile beider Darstellungsformen werden von *Jacobson* auf die glücklichste Weise vermieden. Zwar legt auch er auf eine gewisse Vollständigkeit Wert. Aber an die Stelle unzähliger wahllos aufgeführter Tatsachen und Einzelstoffe setzt er die eingehende Schilderung der verschiedenen Stoffgruppen, von deren Eigenschaften alles nur irgendwie Wissenswerte mitgeteilt wird. Wer noch mehr ins einzelne gehen will, findet dafür alle Unterlagen in den sehr vollständigen und zuverlässigen Literaturangaben. Freilich gehört die ganze Darstellungskunst *Jacobsons* dazu, die Fülle des Gebotenen so zu ordnen, daß, ohne in die künstliche Vereinheitlichung der Elementarbücher zu verfallen, doch ein fortlaufend und angenehm, ja oft geradezu spannend zu lesendes Ganzes entsteht. Ein Ganzes, dessen reiche Einzelgestaltung dem Verfasser dazu dient, in eingestreuten Textbemerkungen oder auch besonderen theoretischen Abschnitten die Berechtigung unserer strukturellen und stereochemischen Anschauungen zu erproben, ihre umfassende Brauchbarkeit festzustellen, nicht ohne ihre Grenzen zu empfinden und auf die möglichen oder notwendigen Richtungen ihrer Weiterentwicklung hinzuweisen. In ihrem tief naturwissenschaftlichen Geist scheint mir der besondere Reiz der *Jacobsonschen* Darstellung zu liegen. Der Leser fühlt sich zwar stets veranlaßt, den allgemeineren Grundlagen unserer Wissenschaft nachzugehen, an ihrer weiteren Ausgestaltung zu seinem Teil mitzuwirken, behält aber stets vor Augen, daß ihm nur auf dem sicheren Boden der Erfahrung die Kraft zu theoretischem Fortschreiten erwachsen kann.

Es mag überflüssig erscheinen, *Jacobsons* einzigartige Schöpfung hier zu besprechen und auf ihre Vorzüge hinzuweisen. Zeigt nicht schon die Tatsache, daß wir in strittigen Fragen der wissenschaftlichen Literatur oft genug *Jacobsons* Lehrbuch als Kronzeugen angeführt finden, hinreichend, welch unbegrenztes Vertrauen die Fachgenossen der vornehmen Sachlichkeit dieses Werkes entgegenbringen? Spricht nicht auch der Umstand, daß bisher alle Bände rasch im Buchhandel vergriffen waren, beredt von ihrer allgemeinen

Werthaltung? Dennoch, es ist unsere Pflicht, im Namen all derer, welche in die moderne organische Chemie einzudringen wünschen oder an ihrer Weiterentwicklung mitarbeiten wollen, *Jacobson* für seine neue, reiche Gabe zu danken.

M. Bergmann, Berlin-Dahlem.

Mach, Ernst, Die Prinzipien der physikalischen Optik, historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt.

Leipzig, J. A. Barth, 1921. X, 443 S., 279 Fig. und 10 Bildnisse. Preis geh. M. 48,—; geb. M. 60,—.

In diesem Buch spricht ein Mann von unbestreitbarer Bedeutung vielleicht zum letzten Mal zu seinen Zeitgenossen (vielleicht, weil nach dem 1913 geschriebenen Vorwort eine Fortsetzung geplant ist, die hoffentlich auch noch herauskommt). Man wird es also gewiß mit aller Achtung in die Hand nehmen. Aber beim Lesen kann man sich nicht des Eindrucks erwehren, daß es ein Alterswerk ist. Denn es will sich zwar der historisch-kritischen „Mechanik“ des Verfassers an die Seite stellen, aber es hat nichts von der Originalität, welche jenes 30 Jahre ältere Werk überall, und auch nichts von dem wissenschaftlichen Tiefblick, den jenes recht häufig zeigt. Das Erkenntnispsychologische ist sehr zurückgetreten, und wir haben hier eigentlich nur eine allerdings gute historische Darstellung der geometrischen und der Wellenoptik von *Euklid* bis *Arago*. Die späteren Autoren und ihre Leistungen sind dagegen nach meinem Empfinden etwas schlecht weggekommen; so ist z. B. *Abbes* doch gewiß prinzipiell wichtige Theorie der optischen Abbildung mit einem Satz abgetan, und von den heutigen Apparaten zur Vielfachinterferenz (Stufengitter, Lummer-Gehrcke-Platte) steht überhaupt nichts darin. Auch besteht nach den Andeutungen des Vorworts keine Aussicht, daß der zweite Teil das Fehlende etwa nachholt. Doch soll die elektromagnetische Lichttheorie in ihm folgen.

Immerhin bleibt das Buch auch so für den heutigen Physiker, der für neuere Optik viele gute Darstellungen besitzt, interessant als Quelle für die ältere, ihm sonst wenig zugängliche Geschichte dieses Wissenszweiges. Und die 10 Bildnisse bedeutender Förderer der Optik erhöhen diesen Wert des Buches noch um ein Betrachtliches.

Geradezu „sensationell“ ist aber das Vorwort. In ihm nimmt der Verfasser vorläufig — die näheren Ausführungen sollen im zweiten Teil folgen — Stellung zur Relativitätstheorie, und zwar eine schroff abweisende. Daß man ihm allmählich die Rolle eines „Wegbereiters der Relativitätslehre“ zuschiebe, glaubt er mit derselben Entschiedenheit ablehnen zu müssen, mit welcher er „die atomistische Glaubenslehre der heutigen Schule oder Kirche“ für seine Person abgelehnt habe. Denn auch die Relativitätstheorie scheint dem Verfasser „dogmatisch“, und wo immer er dies Wort vernimmt, empfindet er, wie aus mehr als einer Stelle des vorliegenden Buches zu ersehen ist, einen durchaus unhistorisch-unkritischen Horror.

Kennzeichnet es nicht so recht den Skeptiker um jeden Preis, daß er seine eigenen Gedanken in dem Augenblick verleugnet, da sie sich bei einem Größeren zu etwas Positivem fortentwickelt haben? Und doch erweist das Buch der Relativitätstheorie einen Dienst; es spricht nie von einem körperhaften „Äther“ und zeigt, wie gut sich die ganze Wellenoptik auch ohne diesen darstellen läßt.

M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 48. (Seite 967—982)

2. Dezember 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Hermann v. Helmholtz und die Augenheilkunde.
Von *H. Erggelet, Jena.* (Mit 4 Abb.) S. 967.
Das Trachom. Von *Max Meyerhof, Hannover.*
(Fortsetzung, mit 1 Abbildung.) S. 972.
Die Anwendbarkeit der Fermente bei Untersuchungen über Giftwirkungen. Von *P. Rona, Berlin.* (Mit 8 Abbildungen.) S. 976.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.
S. 980—982:
Die Gültigkeit des Planckschen Strahlungsgesetzes. Ueber die Konturen optischer Bilder.
Die Goethesche Metamorphosenlehre vom Standpunkt der modernen Physiologie.



GOERZ

Largon-Brillengläser

übertreffen an Sehschärfe die bisher besten modernen Gläser
Sie liefern bei schrägem Durchblick unter 30° zur Achse
etwa doppelt so scharfe Netzhautbilder als die punktuell
abbildenden Gläser.

Bezug durch die Optiker. * Druckschriften kostenfrei.

Optische Anstalt C. P. Goerz A.-G. Berlin-Friedenau 45

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 3.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 3.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegr.-Adresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin. Depositen-Kasse C.
Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.



Jedermann sein eigener Wetterprophet Original Lambrechts Polymeter

beantwortet die Fragen:

Nachtfrost? Gewitter? Hagel?
Heiteres oder trübes Wetter?
Frost oder Tauwetter? Schnee
oder Regen? — und dient zur
Prüfung der Feuchtigkeit mannig-
facher Trocken- und Lagerräume.

Man verlange Gratisprospekt Nr. 688

Wilhelm Lambrecht, Göttingen

Fabrik wissenschaftl. Instrumente

Gegründet 1859 (264)

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Test-
platten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu ver-
langen: Liste über neue Schulsammlung mit Text-
heft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg

Gegründet 1864. (250)

Mikroskop

zu kaufen gesucht. (265)

Angebote unter F. C. 4980 an Rudolf Mosse, Cassel.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Demnächst erscheint:

Die Idee der Relativitätstheorie

Von

Hans Thirring

a. o. Professor der theoretischen Physik an der Universität Wien

Mit 7 Textabbildungen. (IV, 170 S. 14 cm × 21,5 cm)

Preis M. 24.—

Aus dem Vorwort:

Der Zweck des Buches ist es, den gedanklichen Kern der Relativitätstheorie so gründlich darzustellen, als es bei völliger Vermeidung aller mathematischen Hilfsmittel möglich ist. Es wird eine Reihe von physikalischen Tatsachen gebracht, und auseinandergesetzt, in welcher Weise sie zum Aufbau der neuen Theorie verwendet wurden. Das Buch behandelt das Thema vom rein physikalischen Standpunkt aus.

Inhaltsübersicht:

Erster Teil. Die spezielle Relativitätstheorie.

I. Das Relativitätsprinzip in seiner einfachsten Form; seine Gültigkeit für mechanische Vorgänge.
II. Ueber die Natur des Lichtes III. Gilt das Relativitätsprinzip auch für optische Vorgänge? IV. Das Gesetz der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. V. Der Konflikt zwischen den beiden Grundprinzipien.
VI. Analyse des Gleichzeitigkeitsbegriffes. VII. Die spezielle Relativitätstheorie als Inbegriff der Folgerungen aus den beiden Grundprinzipien. VIII. Die scheinbare Absurdität dieser Folgerungen. IX. Die Union von Raum und Zeit; die Minkowski-Welt. X. Zahlenmäßige Betrachtungen. XI. Weitere Folgerungen und ihre experimentielle Bestätigung.

Zweiter Teil. Die allgemeine Relativitätstheorie.

XII. Ueber Trägheit und Schwere. XIII. Die Äquivalenzhypothese. XIV. Die Krümmung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde. XV. Die Relativität der Rotationsbewegung. XVI. Der Begriff der Raumkrümmung und der Weltkrümmung. XVII. Die neue Gravitationstheorie. XVIII. Folgerungen aus der allgemeinen Theorie. XIX. Die Hypothese der Endlichkeit der Welt.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

2. Dezember 1921.

Heft 48.

Hermann v. Helmholtz und die Augenheilkunde.

Von H. Erggelet, Jena.

Wenn man die Bedeutung *Hermanns von Helmholtz* für die Augenheilkunde behandeln will, so kann das vollständig nur geschehen, wenn vor allem der mächtigen Förderung gedacht wird, die seine Forscherarbeit dem für die Augenheilkunde grundlegenden Teil der Physiologie zuteil werden ließ. Obwohl diese Leistungen von berufener Seite gewürdigt wurden, so darf doch der Hinweis auf das „Handbuch der physiologischen Optik“ nicht unterbleiben, das nun schon über ein halbes Jahrhundert das grundlegende Werk, die physiologisch-optische Bibel, wie es ein Diskussionsredner gelegentlich scherzhaft zu nennen sich erlaubte, unbestritten geblieben ist. Kennzeichnend für den bleibenden Wert ist die Tatsache, daß in der dritten, 1909—1911 erschienenen, von W. Nagel gemeinsam mit A. Gullstrand und J. von Kries besorgten Auflage der erste Helmholtzische Text unverändert wiedergegeben ist, ergänzt nur durch Zusätze der Bearbeiter.

Eine unmittelbare Wirkung auf die Augenheilkunde hat *Helmholtz* hauptsächlich durch die Erfindung des Augenspiegels ausgeübt, ferner durch die im Zusammenhang mit der Forschung des Akkommodationsvorganges entwickelte Ophthalmometrie und durch seine Arbeiten über den Farbensinn. Eine weit überragende Bedeutung kommt dem Augenspiegel zu. Seine Einführung im Jahre 1851 eröffnete ein großes, bisher vollkommen verschlossenes Gebiet der unmittelbaren Untersuchung, so daß man mit vollem Recht mit diesem Jahr einen neuen Abschnitt der Augenheilkunde beginnen läßt. Hatte man doch bisher Veränderungen des hinteren Augenabschnittes nur bei der anatomischen Untersuchung gesehen und am Kranken nur mittelbar und aus unsicheren Zeichen unklar und durchaus unvollständig vermuten können, Zustände und Veränderungen, die man jetzt am lebenden Auge feststellen lernte und dann in ihrem Verlauf verfolgen konnte. Ein Vergleich der Lehrbücher der Augenheilkunde vor und nach der Einführung des Augenspiegels gibt ein anschauliches Bild der Umwälzung. Man sehe etwa J. C. Jüngkens „Lehre von den Augenkrankheiten“ aus dem Jahre 1842 ein oder die von Seitz und Blattmann bearbeitete deutsche Ausgabe des Handbuchs der gesamten Augenheilkunde von L. A. Desmarres, die zwar 1852 erschienen ist, aber noch der „spiegellosen“ Zeit angehört. Was wird hier alles in dem Abschnitt

Schwarzer Star, Amaurosis untergebracht, und wie eng beisammen sind die Auseinandersetzungen über Aderhaut, Netzhaut und Glaukom. Daran erinnert F. Arlt in seinem 1856 erschienenen Lehrbuch „Die Krankheiten des Auges für praktische Ärzte“, in dem er Ph. von Walthers Äußerung anführt: „Amaurosis sei jener Zustand, wo der Kranke nichts sieht, und — auch der Arzt nichts.“ Und an einer anderen Stelle wiederholt er Beers Klage: „Was soll das ewige blinde Curieren einer Krankheit, die man nicht kennt.“ Erst wenige Jahre im Besitz des Spiegels kann Arlt eine ganze Reihe von Krankheitsbildern des Augenhintergrundes schildern. Mit einem Schlag ist sogar die klinische Beobachtung wieder voraus, und Arlt vermißt schon etwas ungeduldig, wie es fast scheinen will, eine „nur einigermaßen genügende Schilderung der anatomischen Veränderungen“ des Gesehenen. Bald erscheinen in Zeitschriften, Atlanten und Lehrbüchern die Augenhintergrundsbilder, und bis zum heutigen Tag vermitteln sie immer wieder bisher unbekannte, vom Augenspiegel neu entdeckte Befunde. Abgesehen von dem Wert, den der Einblick ins Augeninnere für die Augenheilkunde an sich und die Kenntnis der Netzhaut-, Aderhaut- und Sehnervenveränderungen besitzt, mögen auch die bekannten engen Beziehungen erwähnt werden, die gerade durch die Augenhintergrundsveränderungen, sei es bei Allgemeinerkrankungen des Körpers, sei es bei Leiden der Nachbarorgane, zumal des Gehirns und der Nase, mit den übrigen Fächern der Medizin hergestellt werden. Was gibt der Augenspiegel aber der heutigen Augenheilkunde? Man würde sehr irren, wollte man glauben, die Helmholtzische Erfindung habe sich in den verflossenen siebenzig Jahren voll ausgewirkt und diene heute, von vereinzelten neuentdeckten Krankheitsbildern abgesehen, lediglich als Werkzeug zur Ausübung der Praxis. Das trifft durchaus nicht zu. Die Schätze des Wissens, zu denen *Helmholtz* die Wege geöffnet hat, sind noch keineswegs restlos gehoben. Wertvolle neue Erkenntnisse lieferten z. B. in den letzten Jahren die Forschungen von A. Vogt und seinen Schülern, der Spiegeluntersuchungen im roten Licht in ausgedehntem Maße durchgeführt hat. Während bei der üblichen Gas- oder Glühbirnenbeleuchtung von dem gesunden Netzhautgewebe infolge seiner Durchsichtigkeit nicht allzu viel zu sehen ist, hebt das durch ein Erioviridin-Kupfersulfat-Filter von Rot befreite bläulich-grün aussehende Licht Vogts Einzelheiten der Netzhaut besonders hervor. Das ge-

schiebt einmal dadurch, daß der große von der Aderhaut herrührende Teil des aus dem Auge zurückkehrenden Lichtes gewaltig vermindert ist, der sonst den viel schwächeren, von der Netzhaut ausgehenden Anteil überstrahlt. Zum anderen wird das „Netzhautlicht“ auch tatsächlich verstärkt, da das verwendete Licht der kleinen Bogenlampe vor den sonst üblichen Lichtquellen durch seinen hohen Gehalt an kurzwelligen Strahlen ausgezeichnet ist. Und gerade diese werden im Netzhautgewebe in höherem Maße als langwellige diffus zurückgeworfen. Die Netzhaut wird so bis zu einem gewissen Grad undurchsichtig gemacht. Die zum Teil auch sonst mehr oder weniger deutlichen Oberflächenspiegelungen treten hervorragend lebhaft in die Erscheinung, und zahlreiche sonst unsichtbare Reflexe erscheinen neu. Auf diese Weise konnte *Vogt* u. a. Nervenfaserverzeichnung und -verlust, Netzhautfaltenbildung und sonstige mannigfache Einzelheiten des inneren Baues und der Oberflächenbeschaffenheit der Netzhaut im gesunden und kranken Zustand eingehend erforschen. Wiederum ist ein Gebiet eröffnet, das noch mancherlei neue Erkenntnisse zu liefern berufen ist. Die Einführung in diese Untersuchungsweise richtete die Aufmerksamkeit besonders auf die Netzhautmitte, den gelben Fleck. Die strittige Frage nach der der „*macula lutea*“ eigentümlichen Farbe, die wohl mancher Augenarzt nie wahrgenommen hat, da sie beim Lebenden im gewöhnlichen Spiegellicht nicht sichtbar ist, trat wieder in den Vordergrund. Im rotfreien Licht springt sie als lebhaft zitronengelbe Stelle außerordentlich deutlich in die Augen. Nach den Beobachtungen des gelben Flecks unter verschiedenen Umständen scheint man im allgemeinen nicht anzustehen, ihm eine tatsächliche Färbung zuzuerkennen. Hat man dadurch eine neue Feststellung am gesunden Augenhintergrund gemacht, am gelben Fleck gewissermaßen eine neue Seite entdeckt, so liegt auf der Hand, daß damit ein Weg gegeben ist, die Veränderungen dieser wichtigen, das deutliche Sehen vermittelnden Gegend frühzeitig und mit gesteigerter Genauigkeit zu erkennen. Beobachtungen dieser Art sind vor kurzem bekanntgegeben worden. Ihre Bedeutung für die wissenschaftliche Erkenntnis wie die praktische Augenheilkunde leuchtet ohne weiteres ein.

Sind die hier angedeuteten Fortschritte durch die Wahl einer geeigneten Lichtart, nämlich durch Berücksichtigung des Einflusses der Wellenlänge erzielt worden, so ist das insofern nichts grundsätzlich Neues, als *Helmholtz* sich eine besondere Eigenschaft des Lichtes schon in seiner ersten Beschreibung des Augenspiegels dienstbar gemacht hat, indem er nämlich zur möglichst ausgiebigen Schwächung des störenden Hornhautreflexes die Polarisation ausnützte. Es sei an dieser Stelle gestattet, die optischen Grundlagen des Spiegels zu streifen. Bekannt-

lich erscheint die Pupille des Auges für gewöhnlich schwarz, weil in der Richtung auf den Beschauer kein Licht aus dem beobachteten Auge austritt. Nimmt man nämlich eine strenge Strahlenvereinigung im Auge und scharfe Einstellung auf die Flamme an, so ist klar, daß die Strahlen, die ins Auge eintreten, auf dem gleichen Wege aus dem Auge zur Lichtquelle zurückkehren. Da das Auge des Beobachters für gewöhnlich kein Licht ausschickt, so kann auch aus dem betrachteten Auge keines zu ihm zurückkehren, und die Pupille muß schwarz erscheinen. Unter gewissen Bedingungen hatten indessen *F. v. Brücke*, *W. Cumming* und *C. v. Erlach* auch beim Menschen Augenleuchten beobachtet, das teils auf Abweichungen der Strahlenvereinigung im Auge und auf unscharfer Einstellung auf die Lichtquelle, teils auf Spiegelwirkung beruht. *Brücke* schreibt, *C. v. Erlach* habe „die Erscheinung . . . öfter . . . an einem . . . seiner Bekannten wahrgenommen, und er sei darauf aufmerksam gemacht, daß, während er dieselbe sah, seine Brille spiegele. Es gelang ihm auch alsbald meine Augen leuchten zu sehen, wenn ich mit dem Rücken gegen die Lampe gewendet so vor ihm stand, daß ich das Spiegelbild der Flamme in einem seiner Brillengläser sah, . . .“ Im Hinblick auf diese Brückische Angabe bemerkt *Helmholtz*: „Hierbei wurden also unbelegte Gläser als Beleuchtungsspiegel benutzt, und durch eben diese sah der Beobachter nach dem beobachteten Auge hin. Ganz dasselbe Hilfsmittel werden wir für unseren Zweck benutzen, die Brillengläser aber mit Vorteil durch gut geschliffene ebene Gläser ersetzen.“ An der Hand der hier wiedergegebenen *Helmholtz*schen Zeichnung (Abb. 1) sei kurz eine grobe Übersicht über den Strahlenverlauf gegeben. Das Licht einer Flamme *A* wird an der unbelegten Glasplatte *C* zum Teil so auf das untersuchte Auge *D* hingespiegelt, als käme es von *B* her, aus der Richtung, in der das Beobachteraue *G* steht; der andere Teil durchsetzt die Platte und geht verloren. Das ins beobachtete Auge eintretende Licht erleuchtet einen Bezirk des Augenhintergrundes und macht ihn gewissermaßen leuchtend. Von hier ausgestrahlt verläßt ein Strahlenbündel die Pupille und trifft in der alten Richtung rückläufig die Glasplatte, um an ihr gespalten zu einem Teil zur Lichtquelle zurückzukehren, zum anderen ins Auge des Beobachters zu gelangen. Dieser Rest liefert uns dank der optischen Wirkung der brechenden Flächen des Auges ein Bild des beleuchteten Augenhintergrundes. Dessen Lage hängt vom Brechungszustand des untersuchten Auges ab. Um eine für das deutliche Sehen geeignete Entfernung herbeizuführen, schaltet *Helmholtz* die (Zerstreuungs-)Linse *F* ein und erhält ein Hintergrundbild bei *E*. Den Linsenwechsel erleichtert eine 1853 von *Helmholtz* veröffentlichte (möglicherweise von *K. A. Burow* stammende) „sehr vorteilhafte Verbesse-

... , welche von dem
Mechanikus Hrn. E. Rekoss vorgeschlagen wurde
und ausgeführt ist“. Die Lichtverluste
an der Spiegelplatte auf dem Hin- und Rückweg
schränkte Helmholtz möglichst ein durch
die passende Wahl des Neigungswinkels der
Glasplatte zum einfallenden Licht und
durch die Vermehrung der Zahl der spie-
gelnden Platten. Er ermittelte die For-
meln für die Menge des gespiegelten Lichtes

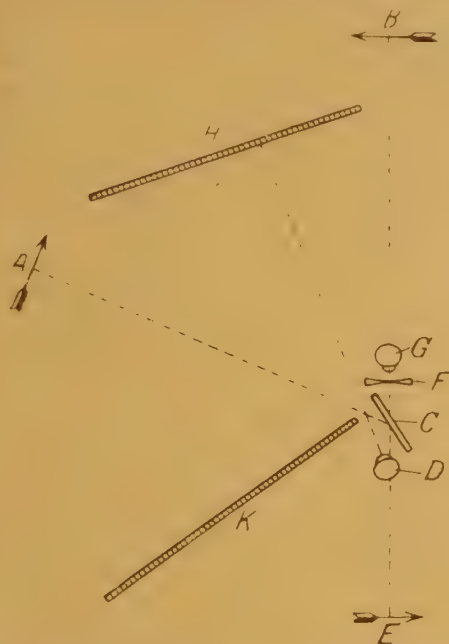


Abb. 1. Anordnung bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel (nach Helmholtz). Das von der Flamme A ausgehende Licht wird an der als Spiegel dienenden Glasplatte C in der Richtung auf das untersuchte Auge D abgelenkt und beleuchtet den Augenhintergrund. Die von hier rückläufig austretenden Strahlen treffen das Beobachteraue G. Sie haben von der optischen Flächenverbindung des untersuchten Auges D eine solche gegenseitige Neigung erhalten, daß sie sich in seiner Schärffläche (hier bei B) zu einem Bild vereinigen würden. Die Hilfslinse F ändert die Strahlenrichtung so, daß das Bild an einen für den Beobachter zugänglichen Ort fällt.

und den günstigsten Neigungswinkel bei der Verwendung mehrerer Glasplatten. Ihre Wirkung ist kurz so zu kennzeichnen, daß jede folgende einen Teil der von der vorhergehenden durchgelassenen Lichtmenge abfängt und dem untersuchten Auge zuführt.

Da auch die Hornhaut das ankommende Licht nicht restlos eintreten läßt, sondern, wie der Spiegel, eine nicht unbeträchtliche Menge an ihrer Vorderfläche zurückwirft, so entsteht der bekannte Hornhautreflex, der durch seine Helligkeit bei den gewöhnlichen heute üblichen Spiegeln mit Bohrung das Netzhautbild oft erheblich stört. Seiner Abschwächung dient die Helmholtzsche Anordnung mehrerer Glasplatten in gleicher Weise, wie sie die Lichtstärke des Netzhautbildes hebt, nämlich auf folgende Weise. Das von der Spiegelplatte zum untersuchten Auge geschickte

Licht ist geradlinig polarisiert und behält, soweit es an der Hornhaut gespiegelt wird, diese Eigenschaft zum größten Teil bei, was für das aus dem Augennern zurückkehrende Bündel nicht zu trifft. Das von der Hornhaut gelieferte Licht kann daher eben wegen seiner Polarisation in der Hauptsache die Platten nicht durchdringen. Nur der kleinere Rest nicht in der gleichen Ebene polarisierter Strahlen ist dazu befähigt und wird dem Beobachter als Hornhautreflex bemerkbar.

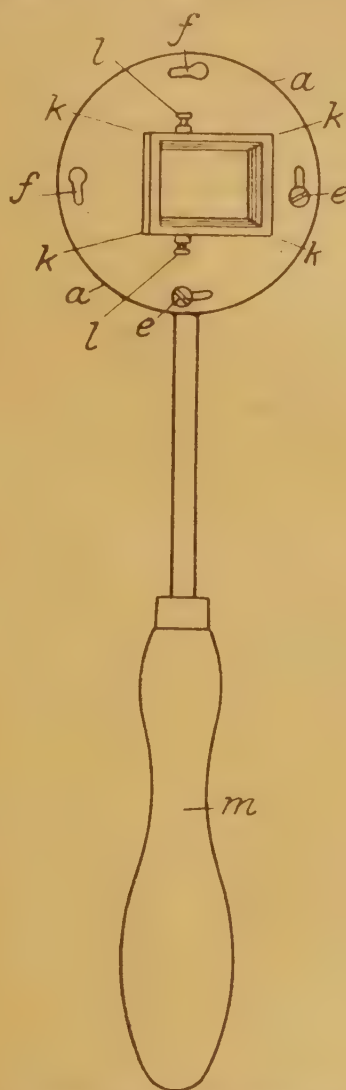


Abb. 2. Der ursprüngliche Helmholtzische Augenspiegel. (Nach A. Königs Neudruck gezeichnet.)

In Abb. 2 und 3 sind nach A. Königs Ausgabe die ursprünglichen Helmholtzischen Ansichten seines Spiegels wiedergegeben, Abb. 2 zeigt den Spiegel von vorn, Abb. 3 im wagerechten Durchschnitt.

Daß der Erfinder die Theorie des Gerätes in umfassender Weise bearbeitete, wie seine beiden trotzdem kurzen Aufsätze zeigen, wird nicht wundernehmen. Die Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke von der Pupillenweite, die Lichtverteilung, die Feldgröße, die Vergrößerung im auf-

rechten und im umgekehrten Bild enthält teils schon die erste Mitteilung von 1851, teils die von 1853, in der er seinen Spiegel mit dem im Jahre 1852 von *C. G. Th. Ruete* beschriebenen verglich. Im Lauf der Jahrzehnte wurden Spiegel von immer wieder anderen Formen gebaut, darunter solche für zwei und drei Beobachter, dem Unterricht dienend, Spiegel zur beidäugigen Untersuchung, die die Überlegenheit der körperlichen Raumwahrnehmung über das einäugige Richtungssehen auch an den Gebilden des Augeninneren zur Geltung bringt (*Giraud-Teulon, C. Schweigger, W. Thorner, A. Gullstrand*), und schließlich die vollkommenen Instrumente zur reflexlosen Beobachtung des Augenhintergrundes (*W. Thorner, H. Wolff, A. Gullstrand*). Die Beseitigung der störenden Spiegelbilder an den abbildenden Flächen ist eine Aufgabe, deren Lösung die Voraussetzung für die gleichfalls verwirklichte Photographie des Augenhintergrundes bildet (*W. Thorner, H. Wolff, F. Dimmer*). Die Reflex-

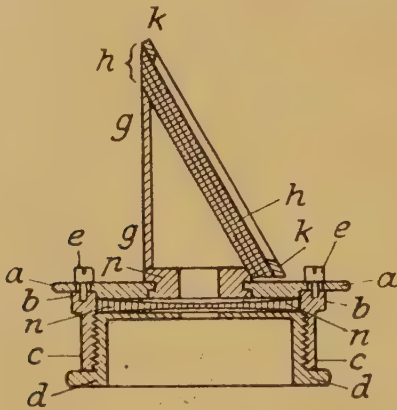


Abb. 3. Wagrechter Schnitt durch den ursprünglichen Helmholtzischen Augenspiegel. (Nach dem Königschen Neudruck gezeichnet.) *h h* die drei planparallelen Glasplatten (*C* in Abb. 1), *n* die Hilfslinse (*F* in Abb. 1).

freiheit wurde abweichend von dem Helmholtzischen Vorgehen mit Hilfe der Strahlenbegrenzung erreicht. Die allgemeine Lösung der in der Ophthalmoskopie vorliegenden Aufgabe meisterte *A. Gullstrand*. In seinem großen Ophthalmoskop, das ein- und beidäugiger Beobachtung dient, wird die Reflexfreiheit dadurch herbeigeführt, daß im Gebiet der brechenden Flächen des untersuchten Auges der Strahlenraum der Beleuchtung getrennt wird von dem der Beobachtung. Die strenge Verwirklichung dieser Trennung verlangt eine hinreichend fehlerfreie Abbildung, die durch die Rohrsche aplanatische asphärische Ophthalmoskopierlinse weiter Öffnung geliefert wird. Die Entwicklung derartig vollkommener Geräte fußt auf der Leistungsfähigkeit der Technik, hier besonders der optischen Werke, wobei auch die Fortschritte in der Herstellung der elektrischen Beleuchtungskörper für viele neue Spiegelformen und insbesondere für die zuletzt genannten Instrumente die notwendige Grundlage bilden.

Im Jahre 1855 erschien die Helmholtzische Arbeit „Über die Accommodation des Auges“. Die Frage des Akkommodationsvorganges war trotz den Bemühungen vieler Forscher seit *Keplers* und *Scheiners* Zeit ungelöst geblieben, bis *M. Langenbeck* und der holländische Augenarzt *A. Cramer* die Formveränderung der Linse beim Nahsehen an den Purkinje-Sansonschen Spiegelbildchen entdeckten. Ohne Kenntnis ihrer Vorgängerschaft machte *Helmholtz* die gleiche Feststellung, hob sie aber in seiner Weise durch genaue Messung sofort auf eine hohe Stufe der Erkenntnis und erweiterte die Lehre von dem Akkommodationsvorgang noch, indem er seine Entspannungstheorie zur Erklärung aufstellte. Die Zusammenziehung des Ziliarmuskels erschlaft das Aufhängeband der Linse und gestattet der Linse, ihre Gleichgewichtsform anzunehmen. Dank ihrer Elastizität wölbt sie sich stärker: Einstellung des Auges für das Nahsehen. Dagegen entspricht der Ruhezustand des Muskels einer Spannung des Linsenbandes und einer erzwungenen Abflachung ihrer Wölbung: Einstellung des Auges für das Sehen in die Ferne. Die Richtigkeit der Helmholtzischen Auffassung wurde von *C. von Heß* 1896 durch eine höchst anziehende Reihe von Versuchen glänzend bestätigt. Es handelt sich dabei einmal um den Nachweis von Linsenschlottern im Zustand stärkster Akkommodationsanspannung und dann um die Beobachtung des Vorrückens der Ziliarfortsätze beim Nahesehen, die an Augen mit Ausschnitten aus der Regenbogenhaut gemacht wurde.

Das Werkzeug zu den Messungen schuf sich *Helmholtz* in seinem Ophthalmometer. Die Länge des Krümmungshalbmessers der spiegelnden Flächen wird damit aus der Größe der von ihnen entworfenen Spiegelbilder ermittelt. Das ist ein Verfahren, dessen Grundsatz schon *Chr. Scheiner* verwendet. Er empfiehlt in seinem „Oculus artificialis . . .“ von 1619, die Größe der Hornhautkrümmung in der Weise zu bestimmen, daß man aus einer Anzahl von Glaskugeln diejenige herausuche, die an den äußeren Augenwinkeln neben die Hornhaut gehalten, ein Fenster in gleicher Größe spiegele wie die Hornhaut. Bei der Ausmessung der Größe der von den erhobenen Flächen entworfenen Bilder erhebt sich die Schwierigkeit, daß sie nicht zugänglich und nicht auffangbar (virtuell) sind, daß sie wegen der Körper- und Augenbewegungen nicht ruhig stehen, und daß zu alledem trotz den geringen Bildgrößen eine hohe Genauigkeit zu fordern ist. Allen diesen Anforderungen genügt das Ophthalmometer. Die zu messende Größe wird mit einer Fernrohrlupe eingestellt und zwei vor dem Objektiv angebrachte jeweils in entgegengesetzter Richtung gegen die Fernrohrachse neigbare planparallele Glasplatten liefern dem Beobachter dank der Parallelverschiebung der Strahlen Doppelbilder (Abb. 4). Durch Drehung der

Platten wird die Verdoppelung so groß gemacht, daß sie der zu messenden Strecke gleich ist, d. h. daß sich die entgegengesetzten Enden der Doppelbilder berühren. Der Betrag der Verdoppelung und damit die gesuchte Länge des Bildes ergibt sich aus dem Drehungswinkel der Platten, aus ihrer Dicke und der Brechzahl n des Glases in einfacher Weise. Aus der so gefundenen Größe liefert das Spiegelgesetz den gesuchten Halbmesser. Mit Hilfe des Ophthalmometers ermittelte *Helmholtz* nun eine große Reihe von Bestimmungsstücken der brechenden Teile des Auges, nämlich die Krümmung der Hornhautvorder- und -hinterfläche, der Linsenflächen, ihrer Abstände; ferner wurden die Abweichungen der Hornhaut von der Kugelgestalt und Abweichungen von der zentrischen Benutzung der Flächen zahlenmäßig festgelegt. Das Ergebnis der großen Reihe von Untersuchungen führte zur Aufstellung eines mittleren Auges, dessen Werte *Helmholtz* in den siebziger Jahren verbesserte. Lange Zeit hatten die *Helmholtz*ischen Zahlen allgemeine Geltung, bis wieder ein großer Forscher, *A. Gullstrand*, auf Grund neuer Erkenntnisse andere

so daß also die Akkommodation eine stärkere Erhöhung der Brechkraft leistet als lediglich der Krümmungszunahme ihrer Außenflächen zukommen würde, und gab damit den Grund für die Schichtung der Augenlinse an.

War das *Helmholtz*ische Ophthalmometer zunächst der rein wissenschaftlichen Aufgabe möglichst genauer Laboratoriumsarbeit gewidmet, so nützten die damit erworbenen Kenntnisse der praktischen Augenheilkunde bald sehr. Fielen sie doch sehr günstig in eine Zeit, wo sich ein großer Aufschwung der Brillenlehre vorbereitete. Man denke an den Einfluß, den die Arbeit des Utrechter Physiologen *F. C. Donders* in dieser Richtung ausübte. Aber auch bis in die heutigen Tage findet das Ophthalmometer, seit ihm *Javal* 1880 eine für die Bedürfnisse der mit der Zeit geizenden Praxis geeignete Gestaltung gegeben hatte, eine immer ausgedehntere Anwendung. Hier dient es hauptsächlich der schnellen Ermittlung des Hornhautastigmatismus, die der Augenarzt braucht. Es ist ein glückliches Zusammentreffen, daß dieses Hilfsmittel von *Helmholtz* geschaffen wurde zu einer Zeit, als sich die Versor-

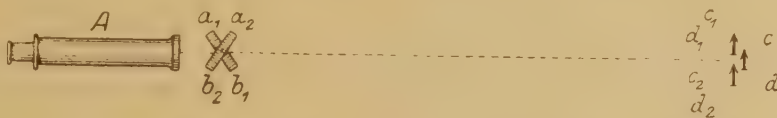


Abb. 4. Übersichtsbild des Ophthalmometers. (Gezeichnet nach der *Helmholtz*ischen Abbildung 6 in *Graefes Archiv für Ophthalmologie* 1855. 1. S. 4.) Der Gegenstand $c\ d$ erscheint durch die Glasplatten $a_1\ b_1$ ($a_2\ b_2$) betrachtet in gleicher Größe nach $c_2\ d_2$ ($c_1\ d_1$)* versetzt. A Fernrohr.

Werte an ihre Stelle setzte. Ihm blieb es auch vorbehalten, ähnlich wie in der Bearbeitung der Ophthalmoskopie, neue Schritte in der Erkenntnis des Akkommodationsvorganges zu tun, indem es ihm gelang, den intrakapsulären Akkommodationsmechanismus aufzudecken trotz den spärlichen Kenntnissen, die über den Bau der Linse in optischer Beziehung vorliegen.

Da die Brechzahl der Linse einem verwickelten Schichtungsgesetz entsprechend von außen nach innen wächst, so ist ihre Dioptrik mit den gewöhnlichen Mitteln nicht zu geben. Auch war die genauere Anordnung der Brechzahlen in dem Achsenschnitt der Linse bei dem Mangel geeigneter Meßgeräte *Helmholtz* vollkommen unbekannt, so daß an eine Bearbeitung des dioptrisch wichtigen Organs damals nicht zu denken war. Und doch hat *Helmholtz* es verstanden, über die Wirkungsweise der eigenartigen Anordnung gewisse wichtige Aussagen zu machen. *Gullstrand*, dem etwas mehr Unterlagen zur Verfügung standen, fand auf mathematischem Wege, daß bei der Akkommodation die Verlagerung der Linsenfasern eine Erhöhung des Totalindex bedingen mußten,

gung der Astigmatiker mit zylindrischen Brillen zu entwickeln begann. Heute wird wohl niemand ohne bestimmte Gründe daran denken, auf die Verbesserung eines auch nur geringen Astigmatismus zu verzichten. Von der Häufigkeit der täglichen Verwendung in der Praxis kann sich der Laie kaum eine Vorstellung machen. Mag nun auch dieser praktische Erfolg noch so anerkannt werden, eine Anschauung von der Leistung, die in der Schöpfung des Instrumentes von *Helmholtz* vollbracht ist, kann erst die Feststellung geben, daß noch heute für wissenschaftliche Messungen ein genaueres Verfahren nicht vorhanden ist.

Wenn schließlich hier auch der Untersuchungen gedacht wird, die wir *Helmholtz* über die Farbenblindheit verdanken, so geschieht dies, obwohl dabei hauptsächlich eine Förderung der physiologischen Theorie gewonnen ist. Bei der großen Bedeutung des Farbenerkennens für die Sicherheit des Verkehrswesens (Eisenbahn, Schifffahrt) hat die Ermittlung von farbenuntüchtigen Angestellten die allergrößte Bedeutung, und zu diesem Ziel hat *Helmholtz*ens Arbeit wesentliche Hilfen gegeben.

*) In der genannten *Helmholtz*ischen Arbeit steht: „erscheint . . . durch die Platte $a_1\ b_1$ das Bild . . . in $c_1\ d_1$ und durch die Platte $a_2\ b_2$ in $c_2\ d_2$ “. Die Beschriftung der ursprünglichen Abbildung ist hier beibehalten.

Ist in den obigen Zeilen versucht worden, auch dem Fernerstehenden wenigstens einen gewissen Eindruck von dem Aufschwung zu vermitteln, den die Augenheilkunde dank den Geschenken

eines *Helmholtz* nahm, so liegt die Frage nahe, ob diese Gabe ohne weiteres genügt hätte, eine so stürmische Entwicklung in Fluß zu bringen und sie so fruchtbar zu gestalten. Diese Frage wird man nicht ohne weiteres bejahen können. Man wird es vielmehr als eine ungemein glückliche Fügung ansehen müssen, daß unter den Augenärzten, denen *Helmholtz* seinen Augenspiegel in die Hand gab, gerade ein Mann wie *Albrecht von Graefe* zu wirken begann. Die Verdienste des großen Meisters der Augenheilkunde, den der Tod in den besten Mannesjahren der Welt entrissen hat, dürfen in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben. Sie sachlich zu erörtern, würde zu weit führen. Sie zu würdigen, wird niemand besser imstande sein als *Hermann von Helmholtz* selbst. Im Jahre 1886 hatte er von der ophthalmologischen Gesellschaft in Heidelberg die neu gestiftete Graefe-Medaille verliehen bekommen. Nach den Satzungen war sie demjenigen zuzuerkennen, „der unter den Zeitgenossen — ohne Unterschied der Nationalität — sich die größten Verdienste um die Förderung der Ophthalmologie erworben hat“. *Helmholtz* dankte in der festlichen Versammlung mit einer geistvollen Rede für die ihm zuteil gewordene Ehrung und kleidete in vornehmster Bescheidenheit die Ablehnung der ihm allein zukommenden, ihm zu reichlich zugeschriebenen Verdienste in folgende Worte:

„Nun erlauben Sie, dass ich meinen Schluß auch in eine allegorische Form bringe, um keine persönlichen Bescheidenheiten zu verletzen. Nehmen wir an, da wir uns in einer Allegorie nicht an die historische Wahrheit zu binden brauchen, bis zu den Zeiten des *Phidias* hätte man keinerlei hinreichend harten Meissel gehabt, um Marmor mit vollkommener Beherrschung der Form bearbeiten zu können. Höchstens konnte man Thon kneten oder Holz schnitzen. Nun aber findet ein geschickter Schmied, wie man Meissel stählen könne. *Phidias* freut sich der besseren Werkzeuge, und bildet damit seine Götterbilder und beherrscht den Marmor wie Niemand vor ihm. Er wird geehrt und belohnt.

Aber die grossen Genies sind, wie ich immer gesehen, höchst bescheiden gerade in Beziehung auf das, worin sie Anderen höchst überlegen sind. Gerade das wird ihnen so leicht, dass sie schwer begreifen, warum die Anderen es nicht auch machen können. Mit der hohen Begabung ist aber auch immer die entsprechend grosse Feinfähigkeit für die Fehler ihrer eigenen Werke verbunden. Demgemäss sagt *Phidias* in einem Anfall von großmüthiger Bescheidenheit dem Meister Schmied: „Ohne Deine Hilfe hätte ich das Alles nicht machen können. Die Ehre und der Ruhm gebührt Dir.“ Dann kann ihm der Schmied doch nur antworten: „Ich hätte es aber auch mit meinen Meisseln nicht machen können, Du würdest doch ohne meine Meissel wenigstens in Thon wunderbare Bildwerke haben kneten können. So muss ich die Ehre und den Ruhm ab-

lehnen, wenn ich ein ehrlicher Mann bleiben will.“

Nun aber wird *Phidias* der Welt entrissen; es bleiben Freunde und Schüler, *Praxiteles*, *Paionios* und Andere. Sie brauchen alle die Meissel des Schmiedes, die Welt füllt sich mit ihren Werken und ihrem Ruhm. Sie beschliessen das Andenken des Verschiedenen zu ehren durch einen Kranz, den der erhalten soll, welcher am meisten für die Kunst und in der Kunst der Bildnerie getan. Der geliebte Meister hat den Schmied oft als den Urheber ihrer Erfolge gerühmt und sie beschließen endlich ihm den Kranz zu geben. „Gut, antwortet nun der Schmied, ich füge mich. Ihr seid viele und unter Euch sind kluge Leute, ich bin nur Einer; Ihr versichert, dass ich Einer Euch vielen geholfen habe und dass nun an vielen Orten Bildner sitzen und die Tempel mit Nachahmungen Eurer Götterbilder schmücken, die ohne die Werkzeuge, die ich Euch gegeben, wohl wenig geleistet haben würden. Ich muss Euch glauben, denn ich habe nie Marmor gemesselt, und dankbar annehmen, was Ihr mir zuerkennt. Ich selbst aber würde meine Stimme dem *Praxiteles* oder *Paionios* gegeben haben.“

Das Trachom.

Von Max Meyerhof, Hannover.

(Fortsetzung.)

4. Die Diagnose

des Trachoms ist nun trotz des so ausgesprochenen, schweren Krankheitsbildes keineswegs immer einfach. Sie ist sicher, wenn sich zu dem vorher geschilderten Bilde des „Volltrachoms“ Geschwürs- und Pannusbildung in der Hornhaut hinzugesellt, welche ja aber — besonders bei behandelten Fällen — ausbleiben kann; oder wenn sich die charakteristische Narbenschrumpfung der Bindehaut einstellt — was erst nach jahrelangem Bestehen der Krankheit der Fall zu sein braucht.

Im I. Stadium ist anfangs überhaupt eine sichere Diagnose auf Trachom unmöglich; denn es gibt: 1. akute Schwellungskatarrhe mit Körnerbildung ohne bakteriologischen Schleimbefund, z. B. bei Skrophulose und durch Fremdkörper, 2. Bildung vereinzelter Körner in der Bindehaut von Schülern (*Folliculosis Conjunctivae*) und 3. Körnerkatarrhe (*Conjunctivitis follicularis*), welche dem Trachom im Beginn sehr ähnlich sehen können. Die letzteren, wenn durch Gifte (Atropin) oder chemische Reizungen erzeugt, sind nicht infektiös. Es gibt aber auch ansteckende Körnerkatarrhe, welche endemisch auftreten und dem frischen Trachom vollkommen ähnlich sehen können. Sie kommen in Schulen und Internaten vor, sind neuerdings auch als *Schwimmbad-Conjunctivitis* in ganzen Endemien beobachtet, und früher oft mit Trachom („ägyptische Augenentzündung“) verwechselt worden. Die Follikelbildung kann sich bei diesen Erkrankungen auf den unteren Bindehautsack beschränken; sie kann aber auch im oberen Bindehautsack ganz „frosch-

laichartig“ auftreten, ja, auch die halbmondförmige Falte befallen. Endlich kann sogar in den schwersten Fällen das Epithel im oberen Teile der Hornhaut in ähnlicher Weise erkranken, wie wir es als Vorläufer der trachomatösen Hornhautentzündung und des Pannus sehen. Zur richtigen Pannusbildung kommt es allerdings nie. Die Trachomähnlichkeit solcher Follikularkatarre der Bindehaut kann also eine ganz vollkommene sein. Erst die narbenlose Heilung dieser Körnerkatarre gibt die Möglichkeit, nachträglich festzustellen, daß kein „echtes“ Trachom vorgelegen hat.

Ihre ansteckende Natur hat vor allem *Axenfeld* 1896 erwiesen, indem er sich selbst mit einem Follikel aus der Bindehaut eines kranken Kindes infizierte, und sein Auge anderthalb Jahre lang ohne Behandlung ließ. Seine Augenkrankheit wurde selbst von hervorragenden Lehrern der Augenheilkunde für Trachom gehalten, heilte aber ohne jede Narbenbildung ab. Dennoch sind viele Augenärzte geneigt, diese Art ansteckender Körnerkrankheit für ein abgeschwächtes Trachom zu halten („Unitarier“). Ich selbst bekenne mich — wohl mit den meisten Fachgenossen — zum Standpunkte der „Dualisten“, indem ich nicht glauben kann, daß eine Epidemie von „Trachom“, und sei es noch so milde, ablaufen kann, ohne daß auch nur ein Einziger der Befallenen Pannus oder Narbenbildung gezeigt hätte. Es bleibt also nichts anderes übrig, als solche Fälle so lange als *trachomverdächtig* zu bezeichnen, bis ihre narbenlose Ausheilung sie als harmlose „Körnerkatarre“ erwiesen hat. Solange der Erreger des Trachoms noch nicht gefunden ist, tasten wir hier leider noch im Dunkeln.

Das *II. Stadium*, dasjenige der vollentwickelten Papillenschwellung und Granulationen, ist früher oft mit dem sogenannten Frühjahrskatarrh und der Tuberkulose der Bindehaut, neuerdings zuweilen mit der sog. Parinaudschen Conjunctivitis verwechselt worden, welche alle drei rauhe Erhebungen der Lidbindehaut hervorrufen. Aber sorgfältige klinische Beobachtung kann leicht die Differentialdiagnose sichern. Der Pannus allein kann auch durch skrophulöse Hornhautentzündung oder durch Lepra erzeugt werden. Dann fehlt aber die charakteristische Beteiligung der Lidbindehaut. Der unbehandelte Augentripper kann enorme rote Wucherungen der Lidbindehaut nach Art eines Hahnenkammes zurücklassen (*Conjunctivitis metablennorrhoeica*). Auch dieser Zustand ist früher oft für Trachom gehalten worden, daher dann das Trachom von einigen Augenärzten (z. B. *Arlt*) als Folgezustand der Blennorrhoe angesehen wurde. Aber unter Ätzbehandlung verschwindet dies Krankheitsbild meist narbenlos, was beim echten Trachom unmöglich wäre. Außerdem gibt der Befund von *Gonokokken* im Augeneiter den rechten Fingerzeig zur Beurteilung dieser Fälle.

Das *III. Stadium*, das der Vernarbung, kann durch Bindehautnarben von Verbrennungen, Verätzungen, Diphtherie und scharf behandelter Blennorrhoe vorgetäuscht werden, auch durch die Folgen langdauernder Auswärtskehrung (*Ektropion*) der Lider bei einfachen chronischen Lidbindehautentzündungen, endlich durch den seltenen Pemphigus der Bindehaut, eine Schrumpfkrankeheit, die mit gänzlicher Verhornung und Vertrocknung (*Xerosis*) der Binde- und Hornhaut enden kann. Natürlich können alle solche Narbenbildungen auch Einkrümmung der Lidknorpel und Einwachsen von Wimpern gegen die Hornhaut erzeugen. Das ständige Reiben der falschstehenden Härchen trübt dann unter Umständen die Hornhaut in Gestalt eines gefäßhaltigen Pannus. Da kann die Diagnose recht schwierig werden, und ich sah erst kürzlich einen solchen Fall, in welchem mehrere Augenärzte ganz verschiedener Meinung waren.

Endlich können mehrere Binde- oder Horn-

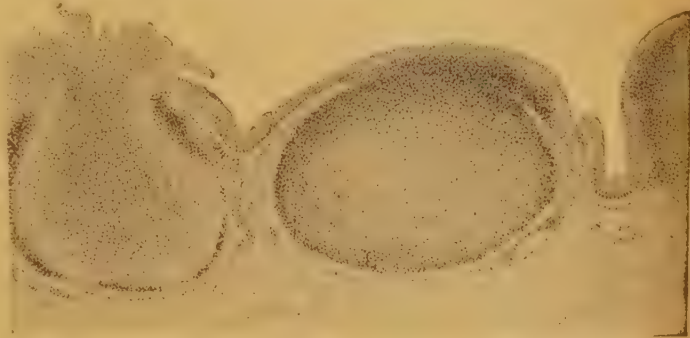


Fig. 6. Mikroskopischer Schnitt von drei Trachomfollikeln; der linke ist geplatzt und entleert seinen Inhalt nach außen. Nach *Axenfeld*.

hauterkrankungen, z. B. Frühjahrskatarrh oder parenchymatöse Hornhautentzündung, durch Diplobazillen oder Pneumokokken hervorgerufene Geschwüre u. a. m., in Trachomäugen vorkommen. Das erschwert dann die Diagnose noch ganz besonders.

5. Die Pathologische Anatomie

des Trachoms ist charakterisiert durch eine Vermehrung der Lymphkörperchen (*Lymphocyten*) in dem adenoiden Gewebe, d. h. der unter dem Oberflächenepithel liegenden Schicht der Bindehaut. Die Bindehaut nimmt an Oberflächenausdehnung zu und bildet die schon früher genannten „Papillen“, in und unter denen sich dann sehr bald die Lymphzellen zu *Lymphknötchen*, *Follikeln*, von Kugel- oder Ovalform ansammeln. Diese Follikel bestehen aus einem spärlichen bindegewebigen Gerüst mit Blut- und Lymphgefäßen, in dessen Maschen sich nur die kleinen, einkernigen Rundzellen befinden, welche eben Lymphkörperchen genannt werden. In der Mitte des Follikels sind sie größer, heller und zeigen Kernteilungsfiguren (Keimzentrum). An der Peripherie gehen sie in die infiltrierte Um-

gebung ohne scharfe Grenze über (Fig. 6). Bei älteren Follikeln kann sich eine kapselartige Bindegewebsabgrenzung gegen das umgebende Gewebe einstellen. Die Follikel fließen in schweren Fällen auf ganze Strecken zusammen und bilden dann eine zusammenhängende Schicht von lymphoïdem Gewebe (sulziges Trachom). Das Epithel der Bindehaut an der freien Oberfläche verdickt sich, schilfert ab, ist mit Lymphzellen und Schleimzellen durchsetzt. Seine Einsenkungen zwischen den Papillen sind mehrfach fälschlich als neugebildete Drüsen angesehen worden (Berlin, Iwanoff). Die Zellelemente der Follikel sind von Augenärzten (Villard, Raehlmann, Junius u. a.) und Bakteriologen (Czaplewski, v. Prowaczek) mit ungeheurem Fleiß mikroskopisch und ultramikroskopisch unter Anwendung aller bekannten chemischen Färbungsmethoden, aber auch frisch lebend studiert worden. Leider ohne eindeutige Ergebnisse: außer epitheloïden Zellen und Mastzellen (Lebers Körperchenzellen) sind verschiedenartige Zellformen und Zelltrümmer gefunden worden, die ein gewiegter Kenner wie der Pathologe Aschoff alle für nicht charakteristisch hält. Die bisher geschilderten pathologischen Veränderungen der Bindehaut sind auch bei den harmlosen Follikularkatarrhen der Bindehaut anzutreffen.

Beim echten Trachom gehen die Veränderungen aber tiefer. Die lymphoïde Infiltration ergreift auch die Lidknorpel (Tarsus), deren Drüsen (Meibomsche, Kraussche, Kollsche, Zeißsche) veröden können. Alsdann beginnt in den Follikeln sowohl wie in den infiltrierten Teilen der Bindehaut und der Lidknorpel eine Degeneration (oft hyalin oder amyloid) Platz zu greifen; die erweichten Follikel verwandeln sich in Zysten, entleeren sich durch das Epithel nach außen oder schwinden, die Knorpel verlieren an Festigkeit, und endlich verwandelt sich die ganze infiltrierte Schleimhaut in Narbengewebe, das erheblich schrumpft und durch seinen Zug die Lidknorpel zu kahnförmiger Einkrümmung bringt (Entropion). Die durch Drüsenschwund verdünnten Lidränder schleifen sich ab, geben dem Zug der Bindehaut nach und ziehen die Wimperhaare nach innen (Trichiasis) (siehe Fig. 5).

Mittlerweile ist die Infiltration bis an den Rand der Augapfelbindehaut vorgedrungen, die mit ihrem geschichteten Plattenepithel der Trachominfiltration meist besser widersteht als das Zylinderepithel der Lidbindehaut. Vereinzelt oder zusammengefloßene Follikel kommen allerdings auch in der Augapfelbindehaut vor.

Die Hornhaut dagegen erkrankt am Trachom in eigenartiger Weise. Von ihrem Rande (Limbus) schiebt sich ein neugebildetes Lymphzellengewebe mit Blut- und Lymphgefäßen als Pannus zwischen das Oberflächenepithel und die elastische Bowmansche Membran der Hornhaut ein (*P. tenuis*) oder aber unter Zerstörung der genannten Membran in die tieferen Hornhaut-

schichten, wobei es sulzig oder dickfleischig aussehen (*P. crassus, carnosus*), ja sogar geschwulstartig die ganze Hornhaut überdecken kann (*P. sarcomatosus*). Echte Follikel sind im Pannus zuweilen nachweisbar (Bayer, Pascheff). Der dünne Pannus kann sich vollständig wieder aufhellen, indem das Lymphgewebe schwindet und das Epithel sich an die intakte Bowmansche Membran wieder anlegt. Die dicken Pannusformen hinterlassen nach ihrem narbigen Rückgange stärkere Trübungen des klaren Hornhautgewebes. Die Gefäße fallen dann vollständig zusammen, können sich aber bei jedem neuen Entzündungsreiz noch nach Jahren sofort wieder mit Blut füllen. Geschwüre, Verkalkungen, hyaline Entartungen sind beim Pannus häufig. Daß er eine Verdünnung und Ausdehnung der Hornhaut (*Keratektasia e Panno*) zur Folge haben kann, wurde schon oben erwähnt.

Die Ursache des Pannus kann nicht allein in dem Reiz der rauhen Oberlidsschleimhaut oder etwaiger reibender Wimpern gesehen werden. Denn auch bei glatter Schleimhaut und ohne Trichiasis kommt er in schwerster Form vor. Es ist daher mit Fuchs anzunehmen, daß der Pannus durch eine Infektion des Hornhautrandes (häufig im Verein mit mechanischer Reizung) bei der zentripetalen Neigung des Gefäßwachstums in die Hornhaut hinein vorgeschoben wird. Neuerdings ist nachgewiesen worden, daß auch die scheinbar normale Augapfelbindehaut zuweilen mikroskopisch sichtbare trachomatöse Veränderungen zeigt.

Die Regenbogenhaut ist bei der trachomatösen Hornhautentzündung häufig leichter oder schwerer entzündet.

Der Tränensack und der Tränennasengang sind beim Trachom sehr oft erkrankt, entzündet, in Eiterung. Anatomisch findet man in der Wand der Tränenwege dann häufig zahlreiche Follikel. Da sich aber solche auch in Tränensackeiterungen von nichttrachomatösen Kranken finden, so ist die Trachomnatur dieser Follikel, welche Raehlmann behauptet, noch nicht erwiesen.

6. Die Ätiologie²³⁾

des Trachoms ist, wie eingangs bemerkt, leider bis auf den heutigen Tag noch nicht geklärt, obwohl die Augenärzte und Bakteriologen aller Länder sich ihrer Erforschung mit einem durch ungezählte Mißerfolge nicht gelähmten Eifer gewidmet haben und noch widmen. Einen Erfolg versprach die ätiologische Forschung erst, nachdem an die Stelle wahlloser Hypothesen die Bakteriologie mit ihren Untersuchungsmethoden getreten war.

So gelang es zunächst, vom Bilde des Trachoms die akuten, häufig „daraufgepflanzten“ Infektionen der Bindehaut abzutrennen, welche

²³⁾ Vollkommene Übersicht und Literatur dieser Frage bieten die Schriften von Th. Azenfeld, „Die Bakteriologie in der Augenheilkunde“, Jena 1907, 2. Aufl. 1914, und „Die Ätiologie des Trachoms“, Jena 1914.

früher das Bild der „ägyptischen oder militärischen“ Augenentzündung so unbegreiflich verschiedenartig gestaltet hatten. Die drei wichtigsten solcher Infektionen sind durch den *Gonococcus Neisser*, den *Bacillus Koch-Weeks* und den *Diplobacillus Morax-Axenfeld* hervorgerufen. Außer diesen Krankheitserregern kann die trachomkranke Bindehaut noch eine Reihe anderer Bakterien beherbergen. Doch ist sicherlich keiner dieser verschiedenen Mikroorganismen als Erreger des reinen Trachoms anzusehen. Die Geschichte der Bakterienbefunde beim Trachom ist eine Geschichte der Irrungen.

Wenn wir diese Mischinfektionen ausschließen, so ist zunächst festzustellen, daß das „reine“ Trachom kontagiös ist, d. h. durch Kontaktinfektion übertragen wird. Ob dabei Insekten, Fliegen besonders, eine Rolle spielen können, ist bisher nicht bewiesen. Die früher oft behauptete Luftinfektion existiert sicher nicht. Der Beweis für die Kontagiosität des Trachoms ist schon in der vorbakteriologischen Zeit gelegentlich durch Infektionen von Ärzten bei der Behandlung Trachomkranker geliefert worden, z. B. des Italieners *Quaglino* und des Franzosen *Cuignet*. Auch aus neuester Zeit liegen noch solche traurigen Erfahrungen vor (*Clausen a. a. O.*). Vollkommen schlüssige Beweise sind erst in den letzten Jahrzehnten durch gelungene Übertragungen „reinen“ Trachoms auf die gesunde Bindehaut von Menschen geliefert worden. Diese Versuche sind meist an Blinden oder Medizinern vorgenommen worden, jedenfalls stets an Personen, die sich freiwillig zu dem Experiment hergaben. Da immer baldige Behandlung einsetzte, so hat keiner dieser Versuche Schaden hinterlassen. Zuerst hat 1881 *Sattler* sowohl mit der Absonderung wie mit dem Inhalt eines Follikels einer trachomkranken Schleimhaut typisches Trachom erzeugen können. 1908—14 ist eine ganze Reihe erfolgreicher Impfungen gefolgt (*Greeff, Frosch, Clausen, Addario, Mijashita, Nicolle, Cuénod, Blaizot u. a.*). Die Zeitspanne von der erfolgten Impfung bis zum Ausbruch der ersten Symptome des Trachoms (*Incubation*), schwankte zwischen 4 und 14 Tagen, betrug aber bei einer Impfung mit durch 7 Tage aufbewahrten und daher minder wirksamen Trachommateriale sogar 21 Tage (*Nicolle*). Stets entwickelte sich die typische Follikelerkrankung der Bindehaut, in mehreren Fällen recht stürmisch, wodurch das Vorkommen eines echten „akuten“ Trachombeginnes von neuem bewiesen wurde. Indessen darf nicht verschwiegen werden, daß auch eine ganze Reihe von solchen Impfversuchen erfolglos blieb (*Germaix, Bäck, Mutermilch u. a.*). Da kann die Infektiosität (*Virulenz*) der übertragenen Materie, die Empfänglichkeit des geimpften Menschen usw. eine Rolle spielen. Aber zu den sehr infektiösen Erregern gehört der Trachomerreger sicher nicht. Das beweisen auch die oben geschilderten Erfahrungen aus dem Weltkriege.

Ferner ist es neuerdings gelungen, das Trachom auf Tiere zu übertragen. Nur Affen erwiesen sich als empfänglich, vorwiegend Schimpansen, Paviane und Meerkatzen, vor allem die algerische Meerkatze (*Macacus inuus*), bei welcher *Nicolle, Cuénod* und *Blaizot* (Tunis) regelmäßig starke Körnerbildung in der Bindehaut zu erzielen vermochten, am sichersten durch Kratzen der Schleimhaut mit einem mit Trachomkorninhalt beladenen Löffelchen. Die Inkubationszeit betrug 8 Tage; nach 3—4 Wochen war das Vollbild des Körnertrachoms in der oberen und unteren Lidbindehaut vorhanden. Weiterimpfungen auf andere Affen waren möglich. Indessen war nie Absonderung oder Pannus vorhanden, und nach 3 Monaten waren die Körner narbenlos verschwunden. Es lag also ein Bild ähnlich dem menschlichen Follikularkatarrh vor. Vor kurzem haben die gleichen Forscher mitgeteilt, daß ihnen auch die Überimpfung des Trachoms auf Kaninchen gelungen sei²⁴⁾, sowie auch die Rückimpfung vom Kaninchen auf den Affen. Die vorgenannten Franzosen haben ferner *Immunisierungsversuche* beim Affen unternommen, nachdem sie gefunden hatten, daß die überstandene Trachomerkrankung innerhalb von 6 Monaten keine erfolgreiche Wiederimpfung gestattete, also Immunität hinterließ. Sie konnten Affen durch wiederholte intravenöse Injektionen von in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmtem menschlichen Trachomfollikelinhalt gegen die Inokulation der Bindehäute unempfindlich machen. Beim Menschen vermochten sie indessen durch die gleiche Behandlung keine sicheren Heilerfolge zu erzielen, ebensowenig durch Einspritzung solchen Materials unter die erkrankte Bindehaut. Auch Versuche anderer Autoren ergaben kein erhebliches Resultat. Das ist auch erklärlich, denn das Blutserum der Trachomkranken scheint keine spezifischen Antikörper zu bilden (*Römer*). Damit stimmt meine eigene klinische Erfahrung aus Ägypten überein, daß die Schleimhaut Trachomkranker nach völliger narbiger Ausheilung schon nach wenigen Jahren einer Neuansteckung (*Reinfektion*) zugänglich war.

Die *Widerstandsfähigkeit* des Trachomvirus gegen Hitze, Kälte und Austrocknung scheint nach zahlreichen Versuchen keine erhebliche zu sein. Doch vermochten *Nicolle* und seine Mitarbeiter mit sieben Tage in Glycerin im Eisschrank aufbewahrtem Trachommateriale noch eine Ansteckung beim Menschen hervorzurufen; sie entwickelte sich aber, wie oben erwähnt, ungewöhnlich langsam.

Die *Filtrierbarkeit* des Trachomgiftes ist wohl als erwiesen anzusehen. *Nicolle, Gebb u. a.* haben mit durch Berkefeldtfilter filtriertem, aufgeschwemmtem Trachommateriale die Bindehaut von Affen und Menschen infizieren können.

²⁴⁾ *Nicolle, Cuénod et Blanc*, *Reproduction expérimentale du trachome chez le lapin*, *Compte rendu hebdomadaire de l'Académie des Sciences* Vol. 170, 1920, S. 642—43.

Großes Aufsehen erregte es nun, als v. Prowaczek und Halberstädter 1907 auf Java in den abgekratzten Epithelzellen frisch trachomkranker Schleimhäute regelmäßig *protozoenähnliche Körperchen* fanden, welche sie als *Chlamydozoen* oder vorsichtiger als „Einschlüsse“ bezeichneten. Es sind runde oder ovale Gebilde, dicht am Kern sonst gesund aussehender Epithelzellen der Bindehaut gelagert, aus feinen Massen zusammengesetzt, welche sich mit der Giemsa-Methode dunkelblauviolett färben, während dazwischen verstreute, feine rote Körnchen liegen. Diese Körnchen, welche sich sehr vermehren und auch frei liegen können, sollen die mit einem blauen Mantel (*Chlamys*) aus Reaktionsprodukten der Zellen (*Plastin*) umhüllten Parasiten sein. Als bald wurden diese Befunde bei frischem, unbehandeltem Trachom aus der ganzen Welt bestätigt. Lindner fand die roten „Initialkörper“ auch einzeln liegend frei in der Absonderung kranker Schleimhäute. Es schien, als ob man endlich den Erreger des Trachoms gefunden habe, obwohl die Prowaczek-Halberstädter-Körperchen in dem typischsten Produkt dieser Krankheit, in den Follikeln, nicht nachweisbar waren. Indessen ist die parasitäre Natur der P.-H.-Körperchen bisher noch nicht sicher nachzuweisen gewesen, wenn sie auch andererseits den bekannten Zerfallsprodukten von Kern und Zelleib in keiner Weise gleichen. Eine Züchtbarkeit der P.-H.-K. wollen Noguchi und M. Cohen auf besonderen Nährboden beobachtet haben; doch ist dies Ergebnis bisher erst ein einziges Mal bestätigt worden (Kooy).

Die Aussicht, die P.-H.-K. als Trachomerreger auffassen zu können, wurde sehr bald dadurch erschwert, daß man sie auch bei anderen Erkrankungen der Bindehaut fand, z. B. dem Frühjahrskatarrh und den durch Gonokokken, Koch-Weeks-Bazillen und Pneumokokken erzeugten Bindehauteiterungen. Beim frischen Trachom finden sie sich allerdings bis zu 84 % der Fälle (z. B. Verderarme²⁵ ²⁶), ähnlich auch bei der Schwimmbad-Conjunctivitis (z. B. Comberg²⁷) 50 %) und vor allem bei einer Form von eitrigem Bindehautentzündung der Neugeborenen, welche meistens bakterienfrei ist und viel milder verläuft als die bekannte, durch den Gonococcus erzeugte Blennorrhöe. Lindner, der diese Krankheit seit 1909 höchst eingehend studiert hat, fand unter 119 Augenerkrankungen der Neugeborenen 53mal P.-H.-K. und benannte diese Krankheit „Einschluß-Blennorrhöe“. Er vermochte nun einerseits Zellen mit P.-H.-„Einschlüssen“ in der Vagina und bei gewissen Katarrhen der männlichen Harnröhre nachzuweisen, andererseits mit „Einschluß“haltigem Material andere Neugeborene und Affen zu infizieren. Die letzteren erkrank-

ten z. T. mit typischer Follikelbildung. Sodann gelang es Wolfrum, bei blinden Menschen mit einschlußhaltigem Sekret von Neugeborenen eine vollkommen dem „sulzigen“ Trachom gleichende Erkrankung der Bindehaut einzupflanzen, in der wiederum P.-H.-K. nachweisbar waren. Beide sind daher von der Identität der Einschluß-Blennorrhöe und des Trachoms überzeugt, wobei sich die Möglichkeit einer Herkunft des Trachoms von der Genitalschleimhaut ergeben würde. „Identitätsgegner“, wie Löhlein, bestritten diese Schlußfolgerungen²⁸) und nahmen an, daß es sich da nicht um echtes Trachom gehandelt habe. Da den blinden Versuchspersonen die Hornhäute fehlten, so war der sicherste Beweis für Trachom, der Hornhautpannus, natürlich nicht zu beobachten. Wesentliche Narbenbildung in der später geheilten Bindehaut trat nicht auf. Ich selbst sah in Ägypten neugeborene Kinder mit Einschlußblennorrhöe, welche später kein Trachom bekamen. Da das Trachom sonst in Ägypten die Kinder gewöhnlich schon in den ersten Lebensjahren zu befallen pflegt, so scheint mir diese Beobachtung gegen die Identität von Trachom und Einschlußblennorrhöe zu sprechen; außerdem ist die Einschlußblennorrhöe gerade in diesem trachomreichen Lande sehr selten. Zu erwähnen ist noch, daß A. Leber 1912 in der Südsee (Samoa) eine eigenartige Bindehautkrankheit der Eingeborenen entdeckt hat, welche er *Epitheliosis desquamativa Conjunctivae* nennt, und in der er gleichfalls die P.-H.-Einschlüsse gefunden hat. Auch diese Krankheit war durch Sekret übertragbar. Unter den jüngeren Forschern hält Löwenstein²⁹) die vier genannten „Einschlußkrankheiten“ der Bindehaut, wenn nicht für identisch, so doch für nahe verwandt.

Auf alle die sonstigen zahllosen Befunde von Bakterien, Blastomyzeten, Protozoen usw. beim Trachom einzugehen, verbietet hier der Raum. Die deutsche Forschung ist zwar durch Mangel an Versuchstieren (Affen) z. Z. sehr im Rückstande gegenüber anderen Ländern, aber sie wird in den Grenzen des Möglichen die durch den Krieg unterbrochene Arbeit zur Klärung der Ätiologie dieses wichtigen Teiles der Trachomfrage, fortsetzen.

(Schluß folgt.)

Die Anwendbarkeit der Fermente bei Untersuchungen über Giftwirkungen.

Von P. Rona, Berlin.

Die methodischen Fortschritte der letzten Jahre ermöglichen es, den Verlauf von Fermentwirkungen ohne Aufwand zeitraubender Versuche

²⁵) Die Hypothese von Lindner und Wolfrum führt ähnlich wie Herzogs inzwischen widerlegte Behauptung der Identität von Gonokokken und „Einschlüssen“ zu der Ansicht der alten Arltschen Wiener Schule zurück, daß Trachom und Gono-Blennorrhöe identisch, das Trachom nur eine chronische Blennorrhöe sei.

²⁹) Derzeitiger Stand der Trachomfrage. Wiener klinische Wochenschr. 1919.

²⁵) Ricerche sul tracoma. Torino 1919.

²⁶) J. M. Kooy (Inaug.-Diss. Amsterdam 1919) hat sogar in 69 von 70 Trachomfällen P.-H.-K. gefunden.

²⁷) Bade-Conjunctivitis. Berl. Ophth. Gesellsch. Sitzungsber. v. 25. Okt. 1919.

mit großer Exaktheit festzustellen; dies setzt uns in die Lage, die Wirkungen von Giften auf Fermente genau zu studieren. Wir können mit Hilfe von Fermenten Systeme von großer Übersichtlichkeit und genauer Reproduzierbarkeit herstellen und sind daher imstande, jede Abweichung des Verlaufs der Fermentwirkung von der Norm unter der Einwirkung eines schädlichen Agens, des Giftes, qualitativ und quantitativ genau zu verfolgen. Mit der Gewinnung eines exakten Maßes ist jedoch der Vorteil, die Fermente zum Studium der Giftwirkungen heranzuziehen, nicht erschöpft. Die Vorstellung ist berechtigt, daß Stoffe, die in so geringen Mengen so große physiologische Wirkungen entfalten wie die Gifte, im Organismus chemische Verbindungen angreifen müssen, die für das „Leben“ von ausschlaggebender Bedeutung sind. Solche Verbindungen dürften die Fermente sein. Statt im allgemeinen von „Zellgift“, „Protoplasmagift“ können wir sicher in vielen Fällen von *Fermentgiften* sprechen, und wir dürfen bei geeigneter Auswahl der Fermente, die wir der Einwirkung verschiedener Gifte aussetzen, manche Aufklärung über das Wesen der Giftwirkung überhaupt wie auch über das Wesen der Fermentwirkung erhoffen.

Diese Gedankengänge sind nicht neu und bereits Nasse hat (1875), von ähnlichen Gesichtspunkten geleitet, die Wirkung des Chinins auf Invertase untersucht und eine hemmende Wirkung des Chinins auf das Ferment beobachtet. Spätere Forscher, denen eine exaktere Technik zu Gebote stand, Ducleaux und v. Euler und Svanberg sind jedoch bei ihren Studien über denselben Gegenstand zu einander widersprechenden Resultaten gekommen: während Ducleaux fand, daß bereits „homöopathische“ Dosen von Chinin die Invertasewirkung lähmen, geben v. Euler und Svanberg an, daß selbst sehr große Chininmengen kaum nennenswerte Wirkung auf Invertase haben.

Eigene mit E. Bloch ausgeführte Untersuchungen klärten diesen Widerspruch auf. Es konnte gezeigt werden, daß die Chininwirkung

(angewendet wurde Chinin. hydrochlor.) nicht bloß von der Konzentration des Alkaloidsalzes abhängt, sondern auch von der Wasserstoffionenkonzentration des Systems. Eine und dieselbe Chininkonzentration wirkt unter denselben Versuchsbedingungen, nur bei variiertem H-Ionen-Konzentration ganz verschieden. Dies zeigt Fig. 1.

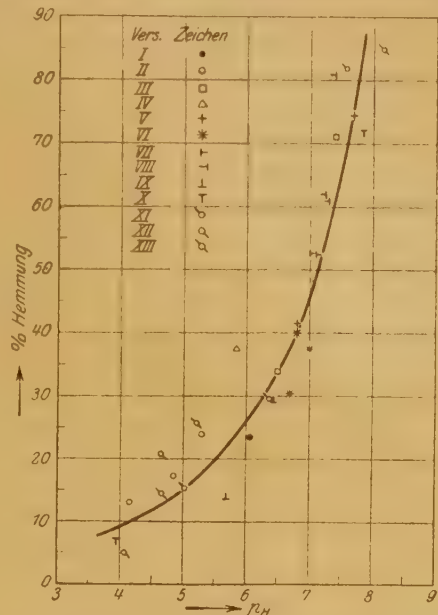


Fig. 1. Abhängigkeit der Wirkung einer gegebenen Chininkonzentration von deren H-Ionen-Konzentration.
Abszisse: p_H der Chinin-Invertase-Lösung.
Ordinate: Hemmung der Invertasewirkung in % der totalen Hemmung.

Mit wachsendem p_H , d. h. je alkalischer die Reaktion wird, steigt die Chininwirkung an, entsprechend der zunehmenden Dissoziation des Chininsalzes.

Ganz dieselben Verhältnisse liegen auch bei der Wirkung des Chinins auf Paramäcien vor. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, sagt die Angabe einer wirksamen Chininkonzentration ohne die Angabe der H.-Ionen-Konzentration nicht viel aus. Schon eine ganz geringe Verschiebung der

Abhängigkeit der Chininwirkung auf Paramäcien von der Wasserstoffionenkonzentration.

p_H	Chininkonzentration 1 : 1600				Chininkonzentration 1 : 3200				Chininkonzentration 1 : 6400			
	+++	++	+	—	+++	++	+	—	+++	++	+	—
5,3	unwirksam				unwirksam				unwirksam			
6,0	1 ^h 45'	3 ^h 10'		< 24 ^h								
6,2	1 ^h 10'	3 ^h 10'		< 24 ^h								
6,4	15'	> 5 ^h		< 24 ^h								
6,6		15'	40'	1 ^h 15'	25'	45'	1 ^h 25'	3 ^h 20'				
6,8	10'	20'	40'	1 ^h 30'	40'	50'	1 ^h 20'	1 ^h 50'				
7,0	5'	15'	40'	1 ^h 30'	40'	1 ^h 30'	1 ^h 15'	2 ^h 45'				
7,2	5'	5'	15'	30'	15'	30'	1 ^h 5'	2 ^h 35'	2 ^h			< 24 ^h
7,4		5'	10'	15'	10'	15'	20'	40'	20'	40'	1 ^h 25'	4 ^h 20'
7,6		5'	5'	20'	5'	15'	25'	45'	10'	40'	1 ^h 30'	5 ^h
7,8			5'	10'	5'	10'	15'	20'	10'	50'	1 ^h 10'	1 ^h 50'
8,0				5'		5'		10'	5'	10'	20'	1 ^h

Es bedeuten +++ viel, ++ wenig, + vereinzelt, — keine Paramäcien im Gesichtsfeld.

[H.] nach der saueren Seite bewirkt die Unwirksamkeit der sonst unbedingt tödlichen Konzentration. Die entgegengesetzten Befunde von Euler und Svanberg und von Ducleaux sind also darauf zurückzuführen, daß v. Euler und Svanberg bei dem Optimum der Invertase (p_H etwa 4,5), Ducleaux hingegen wohl bei etwa neutraler Reaktion gearbeitet haben.

Erst nach der genauen Feststellung der Bedingungen der Chininwirkung konnte daran gegangen werden, die Abhängigkeit der Chininwirkung

von der Chininkonzentration zu studieren. Die zur Prüfung dieser Frage angestellten Versuche ergaben eine einfache Beziehung: trägt man den Logarithmus der Chininkonzentration auf der Abszisse, den Logarithmus der Hemmung auf der Ordinate auf, so erhält man eine Gerade (Fig. 2 und 3).

Die gefundene Konzentrations-Hemmungskurve kann man als eine Adsorptionsisotherme betrachten, wenn die Hemmung der direkte Ausdruck für die an Invertase adsorbierte Chinin-

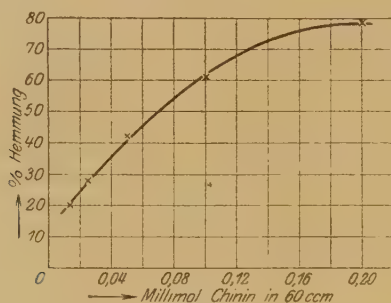


Fig. 2a.

Abhängigkeit der Chininwirkung (Hemmung der Invertasewirkung) von der Chininkonzentration.

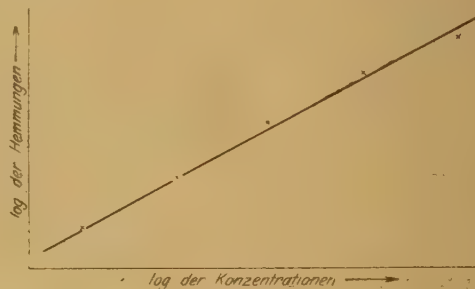


Fig. 2b.

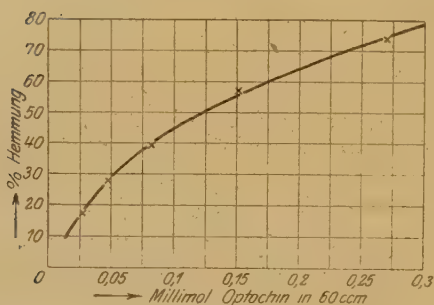


Fig. 3a.

Abhängigkeit der Optochinwirkung (Hemmung der Invertasewirkung) von der Optochinkonzentration.

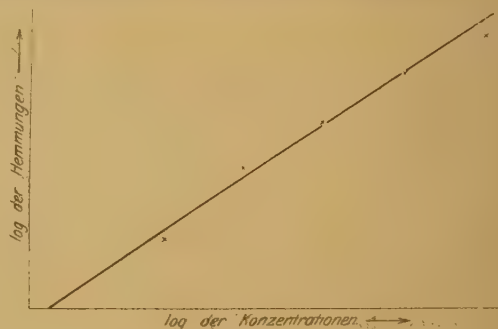


Fig. 3b.

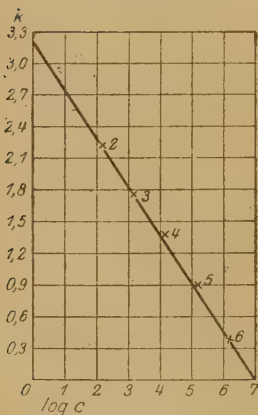


Fig. 4.

Abhängigkeit der Atoxylwirkung (Hemmung der Lipasewirkung) von der Atoxylkonzentration.

Abszisse: Logarithmus der Atoxylkonzentration C_0

$C_0 = 1,89 \cdot 10^{-7}$
g Atoxyl im Liter

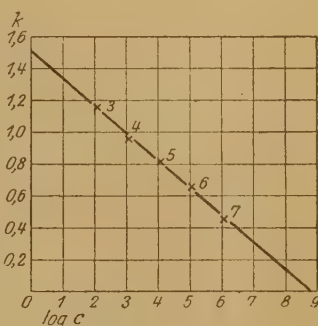


Fig. 5.

$C_0 = 2,50 \cdot 10^{-7}$
g Atoxyl im Liter

Ordinate: Geschwindigkeitskonstanten der Lipasewirkung (Katzenserum).

menge ist und diese klein gegen die gesamte Chininkonzentration ist, was mit einem großen Grad von Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist. In der Tat sprechen auch alle anderen Beobachtungen dafür, daß wir es hier mit einem Adsorptionsvorgang zu tun haben. Die Giftwirkung ist vollkommen reversibel, sie erfolgt momentan, sie ist von der Temperatur unabhängig — alles Eigenschaften, die einem Adsorptionsprozeß zukommen.

Auf diese Weise war es also möglich, den Verlauf der Wirkung des Chinins auf Invertase genau zu verfolgen. Sehr interessant war es nun, anschließend die Wirkung des Chinins auch noch auf ein anderes Ferment zu untersuchen, wozu wir die Serumlipase gewählt haben, da wir über den Einfluß einer anderen Verbindung, des Atoxyls, auf dieses Ferment bereits genau orientiert sind (Fig. 4 u. 5). Bei dem System Atoxyl-Serumlipase wurde gefunden, daß bei der Zunahme der Giftkonzentration nach einer geometrischen Reihe die Geschwindigkeitskonstanten der Fermentwirkung nach einer arithmetischen Reihe abnehmen; es

liegt hier eine Beziehung vor, wie sie etwa im Weber-Fechnerschen Gesetz zum Ausdruck kommt.

Die Frage drängte sich von selbst auf, ob die Chininwirkung bei Lipase ähnlichen Gesetzen gehorcht wie bei Invertase, oder ob sich Beziehungen wiederfinden, wie sie im System Lipase-Atoxyl vorhanden sind. Die Untersuchung ergab, daß das letztere der Fall ist: die Abhängigkeit der Giftwirkung von der Giftkonzentration bei Chinin-Lipase zeigt nicht den Typ Chinin-Invertase, sondern den Typ Atoxyl-Lipase (Fig. 6, 7). Auf die Probleme, die in den mitgeteilten Befunden enthalten sind, soll hier nicht eingegangen werden; nur auf die praktische Auswertung der Tatsachen nach verschiedenen Richtungen hin soll hier kurz hingewiesen werden.

Es ist erstens klar, daß bei den einfachen Beziehungen zwischen Giftkonzentration und Geschwindigkeitskonstante der Fermentwirkung bei Kenntnis der Konzentrations-Hemmungskurve aus

Oberfläche verdrängt wäre) und die Wirkung des Chinins allein zur Geltung käme. — Anders liegen die Verhältnisse bei denjenigen Versuchen, bei welchen das Atoxyl einige Zeit mit dem Ferment stand und das Chinin nachträglich zugefügt wurde. In den meisten Versuchen findet man dann eine glatte Summierung der beiden Wirkungen und in allen ist die vereinigte Wirkung beider Verbindungen größer als die jeder einzelnen. — Diese Befunde kann man von kolloidchemischen Gesichtspunkten aus ohne Schwierigkeit analysieren.

Ein dritter Punkt, der von Interesse ist, ist der folgende. Das Chinin wirkt auf die Lipasen der Seren verschiedener Tierarten ganz verschieden: auf Menschenserumlipase bereits in sehr geringen Konzentrationen (etwa 0,01 mg in 60 ccm), auf Katzen- oder Meerschweinchenlipase erst in viel höheren, 100 bis 1000mal höheren Dosen. Es wurden nun Gemische von Menschen- und

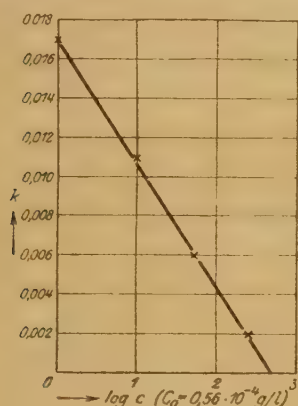


Fig. 6.

Abhängigkeit der Chininwirkung (Hemmung der Lipasewirkung) von der Chininkonzentration.

Abszisse: Logarithmus der Chininkonzentration C_0
 $C_0 = 0,56 \cdot 10^{-4}$

g Chinin. hydrochlor. im Liter

Ordinate: Geschwindigkeitskonstanten der Lipasewirkung.
(Menschenserum.)

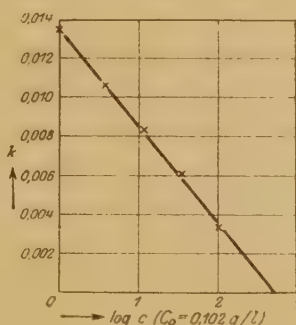


Fig. 7.

Abhängigkeit der Chininwirkung (Hemmung der Lipasewirkung) von der Chininkonzentration.

Abszisse: Logarithmus der Chininkonzentration C_0
 $C_0 = 0,102$

g Chinin. hydrochlor. im Liter

Ordinate: Geschwindigkeitskonstanten der Lipasewirkung.
(Katzen- oder Meerschweinchen-)

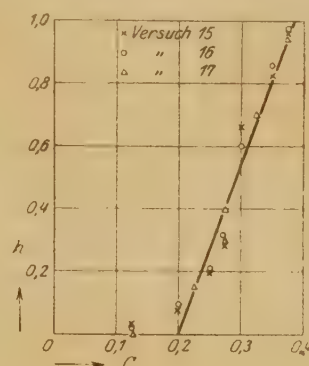


Fig. 8.

Vergiftung der Invertase durch m-Nitrophenol.

Abszisse: Konzentration (g-Mol pro Liter) der Lösung an m-Nitrophenol.

Ordinate: Hemmungsgrad der Invertasewirkung.

einer gefundenen Geschwindigkeitskonstante die zugehörige Giftkonzentration leicht zu berechnen ist. Auf diesem Wege ließ sich bis 0,002 mg Chinin in 10 ccm Flüssigkeit quantitativ bestimmen, wodurch es möglich war, verschiedene Probleme, wie die Verteilung des Chinins im Blute nach intravenöser Injektion desselben, die Permeabilität verschiedener Zellarten für Chinin u. ähnl. genau zu untersuchen.

Zweitens war es verlockend, die kombinierte Wirkung verschiedener Gifte auf Fermentsysteme zu studieren, wobei die Kombination von Chinin und Atoxyl auf Menschenserumlipase sehr geeignet war, da beide Gifte nach demselben Typus ihre Wirkung entfalten. Dabei ergaben sich sehr bemerkenswerte Resultate. Bei Versuchen, bei denen das Ferment zuerst mit Chinin stand und nachher Atoxyl zugefügt wurde, verhielten sich die Hemmungen so, als ob das Atoxyl gar nicht zur Wirkung gelangt wäre (durch das Chinin von der

Katzen- oder Meerschweinchenlipase hergestellt (von demselben Lipasegehalt) und es wurde nachgesehen, wie die Hemmung der Lipasewirkung im Menschenserum durch die gleichzeitige Anwesenheit von Katzen- oder Meerschweinchen- serum beeinflusst wird. Die Versuche ergaben nun, daß die Wirkungen auf beide Sera sich einfach addierten: die Hemmung, die das Chinin auf Menschenserumlipase ausübt, wird durch das Katzen- oder Meerschweinchen- serum nicht beeinflusst. Die Resistenz von Katzen- oder Meerschweinchen- serumlipase ist nicht übertragbar auf Menschenserumlipase.

Bis jetzt haben wir zwei Typen der Giftwirkung kennen gelernt. Einmal beim System Chinin-Invertase, wo der Verlauf der Giftwirkung nach dem Typus einer Adsorptionsisotherme vor sich geht, zweitens bei dem System Chinin-Lipase, wo die Vergiftung einem logarithmischen Gesetz, wie es namentlich in der Reiz-Physiologie beobachtet worden ist, gehorcht. Einen dritten, eben-

falls höchst wichtigen Typ stellt die Vergiftung der Invertase durch *p*- oder *m*-Nitrophenol dar. Er wird in der Fig. 8 graphisch dargestellt. Wir sehen, daß die Wirkung einen Schwellenwert hat; von diesem an ist die Hemmung proportional der Giftkonzentration: die Konzentrations-Hemmungskurve hat einen geradlinigen Verlauf. Die „Giftbreite“ ist sehr eng; bereits die doppelte Höhe der eben wirksamen Konzentration bewirkt eine totale Hemmung der Invertasewirkung. Der Vorgang ist irreversibel; er ist von der Temperatur stark abhängig. Der Temperaturkoeffizient (für 10°) beträgt ca. 2. — Hier liegt wohl die Bildung einer unwirksamen Ferment-Gift-Verbindung nach stöchiometrischen Verhältnissen vor, wie sie neuerdings v. Euler und Svanberg beschrieben haben.

Diese kurzen Ausführungen mögen genügen, um die Wichtigkeit und vielfache Anwendbarkeit der Fermente bei dem Studium der Giftwirkungen zu beleuchten.

Literatur.

Nasse, Arch. f. d. ges. Physiol. 11, 138, 1875. — Ducheaux, Traité de Microbiologie 2, 379, 1899. — v. Euler u. Svanberg, Fermentforschung 3, 330; 4, 29. — P. Rona und E. Bloch, Biochem. Zeitschrift 118, 185; 121, 235 (1921). — P. Rona und D. Reinicke, ebenda 118, 213. — P. Rona und E. Bach, ebenda 111, 166; 118, 232.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Gültigkeit des Planckschen Strahlungsgesetzes. Die außerordentliche Bedeutung, welche das Plancksche Gesetz der schwarzen Strahlung für die moderne Physik hat, dürfte den Lesern dieser Zeitschrift ausreichend gegenwärtig sein. Bekanntlich beruht der durchschlagende Erfolg Plancks darin, daß es ihm, angeregt insbesondere durch die klassischen Messungen von Rubens und Kurlbaum, Lummer und Pringsheim und Paschen, im Jahre 1900 gelang, ein Strahlungsgesetz nicht nur aufzustellen, sondern auch theoretisch zu begründen, welches den derzeitigen experimentellen Resultaten innerhalb ihrer Versuchsfehler gerecht wurde, und welches die für gewisse Grenzfälle abgeleiteten Gesetze von Rayleigh-Jeans und W. Wien als Sonderfälle in sich schloß. Das Plancksche Gesetz, dessen Ableitung bekanntlich Planck selbst in verschiedenen Formen gegeben hat, und das Einstein auf eine besonders elegante Art aus der Bohrschen Atomtheorie abgeleitet hat, folgt in voller Eindeutigkeit aus der damals völlig revolutionären Annahme von „Energiequanten“. Jede experimentelle Bestätigung des Strahlungsgesetzes ist also eine neue Stütze, jede experimentell sichergestellte Abweichung von ihm eine schwere Erschütterung des Baus der Quantentheorie. Es war daher zweifellos eine wissenschaftlich notwendige Tat, daß die Herren Nernst und Wulf (Verh. d. D. Phys. Ges. 21, 305, 1919) sich der Aufgabe unterzogen, die Gültigkeit des Planckschen Strahlungsgesetzes an Hand des gesamten Beobachtungsmaterials einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Bei dieser Prüfung wurden folgende Gesetze als anderweitig ausreichend sichergestellt angenommen: das Wiensche Verschiebungsgesetz und die für sehr große, bzw. sehr kleine Werte des Produkts λT gültigen Grenzesetze von Rayleigh-Jeans und W. Wien. Es wurde jedoch die Möglichkeit offen gelassen, daß das allgemeine Plancksche Gesetz:

$$E_{\lambda} = \frac{c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{ch}{\lambda T}} - 1}$$

für mittlere Werte von λT ($\frac{ch}{\lambda T}$ von der Größenord-

nung 1) nicht streng gültig sei, sondern vielmehr der Hinzufügung eines Faktors $(1 + \alpha)$ bedürfe. Hierbei ist α als eine mangels einer theoretischen Grundlage aus dem vorliegenden Beobachtungsmaterial empirisch abzuleitende Funktion von λT bzw. besser von $x = \frac{ch}{\lambda T}$ anzusehen, welche im Gültigkeitsbereich der genannten Grenzesetze verschwindet. Ferner ist es zur empirischen Bestimmung dieser „ α -Korrektion“ notwendig, eine Annahme über den Zahlenwert der meist als c_2 bezeichneten Größe $\frac{ch}{k}$ zu machen. Nernst und Wulf legen als wahrscheinlichsten Wert $c_2 = 14\,300$ cm-Grad zugrunde. Bei der Durchrechnung des Beobachtungsmaterials kommen sie nun in der Tat zu dem Schluß, daß die Größe α in einem gewissen Wertebereich von $x = \frac{ch}{\lambda T}$ relativ beträchtliche Werte, nämlich bis zu 0,072, annähme. Insbesondere werden benutzt Messungen von Rubens und Kurlbaum, Lummer und Pringsheim und Paschen und die neueren Messungen der Reichsanstalt. Da die für verschiedene Werte von x ermittelten α -Werte (s. Tabelle 1) einen glatten

Tabelle 1 (α -Werte).

x	$1 + \alpha$	x	$1 + \alpha$	x	$1 + \alpha$
0	1,000	4,5	1,056	9,0	1,026
0,5	1,005	5,0	1,050	9,5	1,024
1,0	1,015	5,5	1,045	10,0	1,022
1,5	1,035	6,0	1,041	12,0	1,016
2,0	1,060	6,5	1,038	14,0	1,010
2,5	1,072	7,0	1,035	16,0	1,006
3,0	1,070	7,5	1,032	18,0	1,002
3,5	1,066	8,0	1,030	20,0	1,000
4,0	1,061	8,5	1,028		

Kurvenzug bilden, so glaubten sie, die Abweichungen vom Planckschen Gesetz nicht auf zufällige Meßfehler schieben, sondern das Plancksche Gesetz als in dem angegebenen Sinne verbesserungsbedürftig erklären zu sollen. Für diese Stellungnahme werden weitere Gründe experimenteller Natur, so der Verlauf der spezifischen Wärme des Wasserstoffs bei tiefen Temperaturen, herangezogen.

Die notwendige Folge eines Angriffs gegen das Plancksche Gesetz war der Ruf nach einer neuen experimentellen Prüfung, besonders im Hinblick darauf, daß die modernen Hilfsmittel und Methoden der Strahlungsmessung eine weit genauere Prüfung ermöglichen, als das früher möglich gewesen war. Daß Herr Rubens diese Prüfung ausgeführt hat, den Herr Himstedt auf dem diesjährigen deutschen Physikertag mit Recht als den „Altmeister der Strahlungsmeßkunst“ bezeichnete, gibt dem Ergebnis der Prüfung pupillarische Sicherheit. (H. Rubens und G. Michel, Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. 1921, S. 590.)

Zur Prüfung des Strahlungsgesetzes stehen zwei Wege offen: die Messung von Isothermen oder von Isochromaten. Es ist bekannt, daß die Aufnahme von Isochromaten mit kleineren Fehlerquellen behaftet ist als die von Isothermen, da keinerlei Rücksicht auf die selektiven Eigenschaften der im Strahlengang befindlichen Medien genommen zu werden braucht und auch keine so hohen Ansprüche an die Kenntnis der Disper-

sion benutzter Prismen gestellt werden. *Rubens* und *Nichol* entschieden sich daher für die Aufnahme von Isochromaten des schwarzen Körpers, und zwar bei Wellenlängen von 4, 5, 7, 9, 12, 16, 22 und 52 μ , und bei Temperaturen zwischen der der flüssigen Luft und 1400° C. Sie waren auf diese Weise imstande, eine Prüfung des Strahlungsgesetzes in dem ganzen, nach *Nernst* und *Wulf* von der α -Korrektion betroffenen Bereich von x -Werten vorzunehmen. Die Wellenlängen von 22 und 52 μ wurden als Reststrahlen von Flußspath und Steinsalz, die kürzeren Wellenlängen durch prismatische Zerlegung mittels Prismen aus Flußspath, Steinsalz oder Sylvin hergestellt. Als Strahlungsquellen dienten, je nach dem Temperaturbereich, vier schwarze Körper verschiedener Konstruktion. Die Energiemessung geschah mit einem Mikroradiometer, die Temperaturmessung der schwarzen Körper mit einem Widerstandsthermometer bzw. eingebauten Thermoelementen, welche von der P. T. R. auf das genaueste geeicht worden waren. Auf Einzelheiten der Versuchsanordnung, welche sich grundsätzlich in keiner Weise von der von *Rubens* bereits früher benutzten unterscheidet, kann hier nicht eingegangen werden. Selbstverständlich ist, daß alle nur denkbaren Fehlerquellen, und seien sie noch so geringfügig, aufgesucht und ausgeschaltet wurden, z. B. Proportionalitätsabweichungen der Ausschläge des Mikroradiometers, Schwankungen der Empfindlichkeit der Meßanordnung (z. B. infolge von Änderung der Absorption der Strahlung in der Zimmerluft), spektrale Unreinheit der Strahlung, Temperaturgefälle im Inneren des schwarzen Körpers, welches eine Korrektur der gemessenen Temperatur nötig macht, Erwärmung von Blenden und Klappschirmen usw.

Die Auswertung der Meßreihen ging in folgender Weise vor sich: Innerhalb derselben Isochromate muß bei Gültigkeit des Planckschen Gesetzes die Größe

$$C = E(e^x - 1)$$

konstant sein, wenn E der bei der Temperatur T beobachtete Ausschlag des Mikroradiometers (als relatives Energiemaß), $x = \frac{ch}{k\lambda T}$ ist. Dagegen müßte nach *Nernst* und *Wulf* die Größe

$$C' = \frac{C}{1 + \alpha}$$

konstant sein, wobei α der Tabelle 1 zu entnehmen ist.

Es ergibt sich nun bei allen acht Isochromaten mit voller Klarheit das gleiche Resultat: Die C -Werte schwanken in allen Meßreihen innerhalb der Fehlergrenzen von $\pm 1,25\%$ völlig unregelmäßig um einen Mittelwert, ohne einen Gang mit x erkennen zu lassen. C ist also in der Tat, wie es das Plancksche Gesetz verlangt, als konstant anzusehen. Dagegen zeigen die C' -Werte ausnahmslos einen, von der jeweiligen Größe der α -Korrektion abhängigen, starken Gang mit x , während sie bei Gültigkeit der α -Korrektion konstant sein sollten. Als Beispiel sei in Tabelle 2 die Isochromate 9 μ (genau 8,994 μ) wiedergegeben. Das verschiedene Verhalten der C - und C' -Werte, wie es besonders durch die Abweichungen δC und $\delta C'$ vom Mittelwert dargestellt ist, ist evident. Das Resultat ist also eine völlige Bestätigung des Planckschen Gesetzes innerhalb der heute erreichbaren Meßgenauigkeit.

Wir dürfen uns also des Planckschen Strahlungsgesetzes von neuem, und noch mehr als bisher, als eines außerordentlich fest gesicherten Besitzes unserer Wissenschaft freuen. Die Kritik aber hat wieder einmal die schönste ihrer Aufgaben erfüllt: statt nieder-

Tabelle 2 (Isochromate 9 μ).

T abs.	E	C	δC	C'	$\delta C'$
377	10,72	73,41	— 56	69,39	— 153
476	26,62	73,90	— 7	69,21	— 171
577	49,62	74,28	+ 31	69,36	— 156
635	65,68	74,70	+ 73	69,69	— 123
678	78,07	74,73	+ 76	69,78	— 114
740	96,54	74,12	+ 15	69,53	— 139
844	130,51	73,71	— 26	69,93	— 99
923	158,49	73,75	— 22	70,57	— 35
1034	201,08	74,28	+ 31	71,70	+ 78
1126	235,51	73,88	— 9	71,73	+ 81
1235	279,56	74,32	+ 35	72,51	+ 159
1332	318,25	73,87	— 10	73,31	+ 239
1437	359,08	73,36	— 61	72,06	+ 114
1533	402,13	73,91	— 6	72,75	+ 183
1653	449,41	73,30	— 67	72,29	+ 137

zureißen, hat sie geholfen aufzubauen und zu festigen. Ohne die am Planckschen Gesetz geübte Kritik wäre uns die schöne experimentelle Bestätigung dieses Gesetzes vermutlich zunächst nicht geschenkt worden, die heute als Muster einer auf das sorgfältigste und scharfsinnigste durchgeführten Präzisionsarbeit das Herz jedes Experimentalphysikers erfreuen muß.

W. Westphal.

Über die Konturen optischer Bilder. Bei allen optischen Präzisionsmessungen hat man bisher mit der Vorstellung von scharfen geometrisch-optischen Bildrändern, gearbeitet, obgleich die Beugungstheorie längst erwiesen hat, daß es eine eigentliche Begrenzungslinie an optischen Bildern nicht gibt. Es bleibt also die Frage zu beantworten nach dem eigentlichen Wesen dessen, was dem Auge als Bildbegrenzung erscheint — eine Frage, die schon von *W. Struve*¹⁾, *Strehl*²⁾ und besonders von *Hering*³⁾ angeschnitten wurde, aber über die qualitative Antwort durch *Herings* Hinweis auf den „Grenzkontrast“ hinaus nicht gefördert werden konnte. Beweisend und quantitativ fruchtbar läßt sich die Antwort erst gestalten, wenn man auf die Untersuchungen *Machs*⁴⁾ und *Seeligers*⁵⁾ über die physiologische Wirkung räumlich verteilter Lichtreize auf der Netzhaut zurückgreift. *Mach* formuliert seine Experimentalergebnisse über die von ihm zuerst entdeckten Kontrastercheinungen an stetig verlaufenden Lichtverteilungen dahin, daß das Auge jede Abweichung der Lichtstärke eines Flächenpunktes vom Mittel der nächst umgebenden Intensitäten besonders heraushebt, indem es Stellen mit einer Überschußintensität erheblich heller empfindet als ihrer objektiven Intensität zukommt, Stellen mit Intensitätsunterbilanz dagegen zu dunkel sieht. Da die Abweichung der Intensität J im Punkte x, y von dem Mittel der nächst umgebenden Intensitäten proportional dem Ausdruck

$$\Delta J(x, y) = \frac{d^2 J}{dx^2} + \frac{d^2 J}{dy^2}$$

ist, den ich in diesem Zusammenhang als *Kontrastfunktion* bezeichne, so kann man sagen, daß in einer Intensitätsverteilung immer dort helle oder dunkle

¹⁾ *W. Struve*, Über d. Einfl. d. Diffraktion an Fernrohren auf Lichtscheiben.

²⁾ *K. Strehl*, Theorie des Fernrohrs.

³⁾ *Hering*, Grundzüge der Lehre v. Lichtsinn, Berlin, Springer, 1920, § 32 u. f.

⁴⁾ *Mach*, Die physiol. Wirkg. räuml. verteilter Lichtreize a. d. Netzhaut, Wiener Sitzungsber. 1865 bis 1868.

⁵⁾ *Seeliger*, Die Vergrößerung des Erdschattens bei Mondfinsternissen, Abh. d. k. b. Akad. d. W. München 1896.

Kontraststreifen gesehen werden, wo die Kontrastfunktion besonders, starke negative oder positive Werte erreicht. In der Vermutung, daß alle gesehenen optischen Bildränder auf solche Kontraststreifen zurückgehen, habe ich durch Vergleich der von *Seeliger*⁵⁾ angestellten Modellmessungen mit dem Verlauf der dazu berechneten Kontrastfunktionen zunächst feststellen können, daß Begrenzungslinien sowohl mit den Grat- und Tallinien als mit den Nulllinien der Kontrastfunktion zusammenfallen können. Hieraus und aus dem allgemeinen Charakter der Kontrastfunktion an Beugungsbildern folgt, daß — wenn die Kontrastlinien für den Bildrand maßgebend sind — die Ausmessung eines optischen Bildes Resultate ergeben kann, welche je nach Aufgabe und Beobachtungsbedingungen um bestimmte Beträge größer oder kleiner sind als das geometrisch-optische Bild, gelegentlich aber auch mit ihm übereinstimmen können. Besonders interessant wird die Kontrasttheorie dadurch, daß aus der numerischen Berechnung der Kontrastfunktion sehr nahe beieinander liegender Bilder, wie sie bei Mikromessungen vorkommen, unter Umständen erhebliche Verlagerungen der Kontrastlinien gegenüber den isolierten Bildern folgen, welche im allgemeinen der Verlagerung der Isophoten entgegengesetzt sind. Da nun fast alle Mikromessungen auf Einstellung der Bildränder beruhen, so werden hieraus eine Reihe von Messungsfehlern numerisch ableitbar, deren tatsächliches Vorhandensein als Beweis für die Kontrasttheorie gelten muß. Nach den bisher durchgerechneten Beispielen gelang die numerische Darstellung der von *Aubert* gegebenen Messungsreihen der positiven und negativen Irradiation an schmalen hellen und dunklen Streifen, die Erklärung der Unabhängigkeit der scheinbaren Planetendurchmesser von der Objektöffnung der Fernrohre, des Abstoßungsfehlers bei engen visuellen Doppelsternen, wie des ähnlichen von *Kostinsky* entdeckten Fehlers bei nahe benachbarten photographischen Bildern; die Ableitung der Differenz zwischen den Monddurchmesserwerten, welche aus Sternbedeckungen am hellen und dunklen Mondrand erhalten sind; die Darstellung der Erscheinung des Schwarzen Tropfens bei Planetendurchgängen vor der Sonnenscheibe und endlich die Ableitung der Abweichungen unter den Venusdurchmesserwerten, welche aus Heliometermessungen an der hellen Planetenscheibe, aus Messungen an der dunklen vor der Sonne stehenden Planetenscheibe und aus Messungen an der nahe bei der Sonne stehenden schmalen Sichel erhalten sind⁶⁾.

Damit scheint die Brauchbarkeit der Definition optischer Bildbegrenzung auf Grund der Kontrasttheorie hinreichend erwiesen und an der Notwendigkeit ihrer Berücksichtigung in der Theorie der Präzisionsmessungen ist nicht zu zweifeln. Auch für die physiologische Optik scheint sie von Bedeutung, insofern als sie aus verschiedenen hier nicht zu erörternden Gründen ein äußerst präzises Prüfmittel für nähere Erforschung der Netzhautfunktionen darstellt.

A. Köhl.

In einer kurzen Abhandlung (Goethes physiologische Erklärung der Pflanzenmetamorphose als moderne

Hypothese von dem Einfluß der Ernährung auf Entwicklung und Gestaltung der Pflanze, *Beih. z. bot. Centrbl.* 38, 1921, Abt. I) beleuchtet *Lakon* die **Goethesche Metamorphosenlehre vom Standpunkt der modernen Physiologie**. Man hat bisher an diesem Werke meist in ziemlich einseitiger Weise die morphologische Hypothese von der Metamorphose pflanzlicher Organe gewürdigt. In neuerer Zeit hat dann *Hansen* darauf hingewiesen, daß die Goethesche Schrift auch recht beachtenswerte kausalphysiologische Gesichtspunkte zur Erklärung der Metamorphose enthält. Diese Dinge werden von *Lakon* einer eingehenden Analyse unterzogen, und er gelangt dabei zu dem Schluß, daß sich bei Goethe die Wurzeln zu ganz modernen Anschauungen über die Kausalität der Organbildung finden.

Wie bekannt ist, hat *Sachs* den Standpunkt vertreten, daß für die Anlage bestimmter Pflanzenorgane (Blätter, Blüten usw.) das Vorhandensein spezifischer, organbildender Stoffe notwendig ist, die nur in geringen Mengen anwesend zu sein brauchen, also nach Art der Fermente wirken. Diese Auffassung ist dann von *Goebel* und *Klebs* dahin modifiziert worden, daß es nicht auf bestimmte Stoffe, vielmehr auf das Verhältnis der Nährsalze zu den organischen Substanzen ankommt. So bedingt nach *Goebel* bei der rundblättrigen Glockenblume (*Campanula rotundifolia*) Überschuß an Nährsalzen die Bildung von Primärblättern, Überschuß an organischen Substanzen die Bildung von höher differenzierten Folgeblättern. In entsprechender Weise konnte *Klebs* für andere Objekte dartun, daß mit der relativen Zunahme der organischen Stoffe ein Übergang von rein vegetativem Gedeihen — Anlage von Laubblättern — zur Produktion von Blüten stattfindet. In dieser Richtung bewegen sich nun auch die Anschauungen Goethes. „Seiner Betrachtung liegt der Gedanke zugrunde, daß der Vegetationspunkt befähigt ist, sämtliche Blattformen der Spezies sowie die Blüten Teile hervorzubringen, und daß die Entscheidung darüber, welche Blattform jeweils gebildet wird, von der Beschaffenheit der dem Vegetationspunkte zuströmenden Säfte abhängt.“ Goethe spricht von „wässerigten“ und „verfeinerten“ Säften, die wässerigten bewirken die Anlage von primitiven, die verfeinerten eine solche von komplizierteren Blättern und dann von Blütenorganen — je nach dem Grade der Verfeinerung. Diese „Verfeinerung“ ist auf den Einfluß von Licht und Luft zurückzuführen. Es läßt sich der Nachweis erbringen, daß Goethe hierbei an die Kohlensäureassimilation, die ja unter Mitwirkung des Lichts und unter Verwertung der Kohlensäure der Luft organische Substanz schafft, denkt. So entspricht denn der Gegensatz von wässerigten und verfeinerten Säften offenbar dem Begriffspaar: Nährsalze und organische Substanzen. Es liegt an dem damaligen Stande der Forschung, wenn sich bei Goethe in der weiteren Ausgestaltung dieses Gedankens einige unklare Momente einschleichen, wenn beispielsweise für die Verfeinerung der Säfte eine Filtration durch die Gefäße mit herangezogen wird. Sehen wir aber von diesen historisch notwendigen Unzulänglichkeiten ab, dann tritt uns hier die moderne Anschauung schon in deutlich greifbarer Form vor Augen — einer von jenen zahlreichen Fällen, wo Goethe mit sicherem Takt Folgerungen aus zeitgenössischen Ergebnissen gezogen hat, die von der Wissenschaft erst viel später anerkannt worden sind.

P. Stark.

⁶⁾ Zahlenangaben A. Köhl, Wesen u. Veränderlichkeit d. Konturen opt. Bilder, Vortr. a. d. Vers. d. internat. Astr. Ges. Pots., Aug. 1921, Centr. Ztg. f. Optik u. Mechanik, 1921, Heft 25. Deutsche Opt. Wochenschr. 1921, Heft 36.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theising.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 49. (Seite 983—998)

9. Dezember 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Bedeutung der Gullstrandchen Spaltlampe für die Ophthalmologie. Von *Heinrich Streuli, Bern.* (Mit 5 Abbildungen.) S. 983.

Das Trachom. Von *Mar Meyerhof, Hannover.* (Schluß.) S. 987.

Besprechungen:

Bütschli, Otto, Vorlesungen über vergleichende Anatomie. Von *Richard Hesse, Bonn.* S. 991.

Giese, Fritz, Psychologisches Wörterbuch. Von *K. Koffka, Gießen.* S. 993.

Zuschriften an die Herausgeber:

Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte

der Atomstruktur. Von *G. Ciamician, Bologna* S. 993.

Erwiderung. Von *K. Fajans, München.* S. 993.
Zur vollkommenen lokalen Adaptation der Netzhaut. Von *Paul Weiss, Wien.* S. 993.

Relativistische Auffassung des Dubletts. Von *S. Goudsmit, Leiden.* S. 995.

Neuere Arbeiten über Absorption und Streuung der Röntgenstrahlung. Von *R. Glocker, Stuttgart.* S. 995.

Astronomische Mitteilungen. S. 997—998.

1846

75 Jahre

1921

sind verflossen, seit Carl Zeiss in Jena mit dem Bau einfacher Mikroskope in einem kleinen handwerksmässigen Betriebe mit nur einem Gehilfen begann. Im Bau optischer Instrumente nach wissenschaftlicher Vorausberechnung hat seitdem die Firma

ZEISS

die Führung in der Welt übernommen. Die Zahl der Angestellten und Arbeiter beläuft sich heute auf über 5000, darunter sind 288 kaufmännische, 294 technische Angestellte und 33 wissenschaftliche Mitarbeiter. Der von Carl Zeiss aufgestellte und von Professor Abbe bis zur höchst erreichbaren Grenze entwickelte Grundsatz der

Qualität

aller Zeiss-Fabrikate ist der oberste Leitsatz aller Zeissischen Arbeit.

Diese Fabrikmarke bürgt für höchste



optische und mechanische Vollendung.

Feldstecher und Theatergläser / Punktal-Brillengläser / Aussichtsfernrohre / Astronomische Fernrohre und Hilfsapparate / Photographische Objektive / Nivellier-Instrumente / Optische Meßinstrumente / Lupen / Mikroskope / Mikrophotographische und Projektionsapparate / Medizinisch-optische Instrumente / Beleuchtungseinrichtung für Operationssäle / Feinmeßgeräte / Motorfahrzeug-Scheinwerfer / Gewehrzielfernrohre usw.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 4.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich

6	13	26	52
10	20	30	40

 maliger Wiederholung Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbich.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C

Postscheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 201 20

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postscheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11 00 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Mondphasen, Osterrechnung und Ewiger Kalender

Von

Prof. Dr. Walther Jacobsthal

(VIII, 116 S.). 1917. Preis M. 2.— (und Teuerungszuschlag)

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung. — 1. Kongruenzen und Reste. — 2. Berechnung des Wochentages für ein beliebiges gegebenes Datum. — 3. Epakten für das 20. Jahrhundert. — 4. Epaktenrechnung für alle Jahrhunderte. — 5. Zyklischer und mittlerer Mond. Fehlerabschätzung. „Mittlere“ Epakte. — 6. Ableitung einer Osterformel. — 7. Die Ausnahmefälle. — 8. Umkehrung der Aufgabe: in welchen Jahren eines Jahrhunderts fällt Ostern auf ein gegebenes Datum? — Die Gaußsche Osterformel. — Ostertabelle.

Von der 2. Auflage von

IV

Chwolson, Lehrbuch der Physik

liegt fertig vor:

Band I, Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 34.55 Mk.

Abt. II: **Lehre von den gasförmigen,
flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 38.40 Mk.

Band II, Abt. I: **Lehre vom Schall**
Gebunden 23.— Mk.

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75 (225)

Die Naturwissenschaften 1915 bis 1920 zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 236 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(236)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

9. Dezember 1921.

Heft 49.

Die Bedeutung der Gullstrandschen Spaltlampe für die Ophthalmologie¹⁾.

Von Heinrich Streuli, Bern.

Seit der Erfindung des Augenspiegels durch H. v. Helmholtz im Jahre 1851 nahm die Ophthalmologie einen gewaltigen Aufschwung und entwickelte sich im Rahmen der übrigen Medizin zu einer Spezialwissenschaft ausgeprägtester Art. Die Untersuchungsmethoden der Augenheilkunde entwickelten sich in der Folge derart, daß sie nicht ihresgleichen in der übrigen Medizin an Exaktheit und Zuverlässigkeit fanden; kein Organ des menschlichen Körpers war auch nur annähernd so genau durchforscht, sei es anatomisch, physiologisch oder pathologisch, wie das Auge. Die Möglichkeit dieser genauen Durchforschung ist gegeben erstens durch die oberflächliche Lage des Sehorgans im menschlichen Organismus, dann aber vor allem durch seine optischen Eigenschaften, die das Auge der Untersuchung mit den zuverlässigsten und feinsten Instrumenten zugänglich machen.

Die Zahl dieser Instrumente ist heute Legion; keines aber der neueren unter ihnen kann sich an Bedeutung messen mit der von dem schwedischen Ophthalmologen *Allvar Gullstrand* in Upsala im Jahre 1905 in ihrem Prinzip konstruierten und nach weiterer Vervollkommnung 1911 in Heidelberg der Versammlung deutscher Ophthalmologen demonstrierten *Spaltlampe*.

Die Einführung dieses Instrumentes in die Ophthalmologie steht an Bedeutung derjenigen des Augenspiegels nicht nach; ermöglicht sie doch eine Verfeinerung und Vervollkommnung der bisherigen Untersuchungsmethoden des Auges zu bisher ungeahnter Höhe.

Mit ihr läßt sich, was bei keinem andern Organ möglich ist, eine intravitale, stereoskopische Mikroskopie sämtlicher Schichten der dioptrischen Medien bis zu Einzelheiten ausführen, die sich selbst der anatomisch-mikroskopischen Untersuchung in mancher Beziehung als überlegen erweist. Es sind ferner der intravital-histologischen und -pathologischen Durchforschung erschlossen die oberflächlichen Schichten der wenig oder nicht durchsichtigen Teile des Auges: Conjunc-

tiva, Sklera, Iris mit Kammerwinkel und teilweise Corpus ciliare, Retina und Chorioidea. Schließlich ist mit Hilfe der Spaltlampe eine genaue Tiefenlokalisierung innerhalb der optischen Medien möglich.

Namentlich gefördert und verfeinert wurde die Ausbildung der Methodik durch Einführung verschiedener Verbesserungen und Hilfsinstrumente; in dieser Beziehung haben sich namentlich die auch sonst um die Spaltlampenforschung sehr verdienten Gelehrten *L. Koepe* in Halle a. S. und *A. Vogt* in Basel erfolgreich bemüht.

Wir gehen nun im folgenden dazu über, das Prinzip dieses feinsten aller ophthalmologischen Instrumente näher zu erörtern. Dabei ist es nötig, kurz auf den Stand der bisherigen Technik der sog. Untersuchung des Auges im auffallenden Licht, d. h. der Untersuchung bei schräg von der Seite einfallender Beleuchtung einzugehen.

Das Licht irgendeiner Lichtquelle, in der Regel Auer- oder Glühlampenlicht, wird durch eine starke Konvexlinse gesammelt und auf das zu untersuchende Auge konzentriert, unter gleichzeitiger Beobachtung der zu untersuchenden Abschnitte mit bloßem Auge oder mit Hilfe von Lupen. Bei fortschreitender Vervollkommnung dieser Methode durch Steigerung der Beleuchtungsintensität einerseits und Erhöhung der Präzision der Beobachtungsinstrumente andererseits (Binokularlupe, Hornhautmikroskop) gelang es, bis zu einer gewissen Tiefe (die von der Hornhaut bis zu der hintern Linsenbegrenzung reichte) ziemlich genaue Beobachtungen der optischen Medien des Auges sowie der Oberfläche der nicht durchsichtigen Gebilde, wie z. B. der Iris, anzustellen. Eine Grenze war hier jedoch schon bald erreicht; denn es ließ sich bei diesem einfachen Beleuchtungsmodus die Helligkeit nicht über ein bestimmtes Maß steigern; damit war aber auch der Vergrößerung des Beobachtungsinstrumentes eine Grenze gesetzt.

Hier setzt nun das neue Prinzip der *Gullstrandschen Spaltlampe* ein. Es ist in kurzen Worten das folgende: Die Beleuchtung beschränkt sich streng auf den zu untersuchenden sehr kleinen Abschnitt des Auges, während die übrigen Teile im Dunkel liegen; wir haben es also hier mit einer möglichst vollkommenen Anwendung des Prinzips der fokalen Beleuchtung zu tun. Dadurch wird erstens eine intensive Steigerung der Helligkeit an dem zu beobachtenden Orte ermög-

¹⁾ Die Gullstrandsche Spaltlampe wird noch heute fälschlich von vielen Ophthalmologen als „Nernstspaltlampe“ bezeichnet. Dieser Name rührt daher, daß die ursprüngliche Lichtquelle ein Nernstbrenner war; heute ist man aber davon fast allgemein abgekommen, und damit fällt die Berechtigung, von einer „Nernstspaltlampe“ zu sprechen, dahin.

licht, indem alles Licht auf eine räumlich engbegrenzte Stelle konzentriert werden kann; ferner aber ist die Möglichkeit einer ungleich größeren Auflösung von Einzelheiten dadurch gegeben, daß durch den Wegfall der *diffusen* Beleuchtung benachbarter, nicht zu untersuchender Teile, eine Art der Beobachtung im Dunkelfelde, wie sie uns von der Mikroskopie her geläufig ist, ermöglicht wurde. Denn bei seitlichem Einfall des Lichtbündels werden alle diejenigen feinsten Gebilde, die das Licht in höherem Maße reflektieren, als ihre Umgebung, gewissermaßen selbstleuchtend und heben sich dadurch aus dunkler Umgebung hervor. Dies gilt namentlich für die optischen Medien. Die dadurch erreichte Steigerung des Auflösungsvermögens ist — und zwar bei gleicher Vergrößerung, wie sie vor Einfüh-

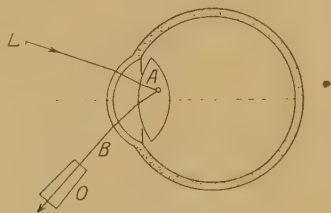


Fig. 1.

- L: Richtung des Lichtbündels.
B: Richtung des zur Beobachtung verwendeten Strahlenbündels.
O: Objektiv des Beobachtungsinstrumentes.
A: Beobachtete Stelle in der Linse.

rung der Spaltlampe verwendet wurde — gewaltig. Ein diesen Verhältnissen sehr ähnliches Beispiel, aus dem täglichen Leben ist das folgende: Ein in ein dunkles Zimmer durch eine Ritze eindringender Sonnenstrahl läßt in seinem Bereich die feinsten Stäubchen hell aufleuchten, während diese in einem noch so hell erleuchteten Zimmer gänzlich unsichtbar bleiben.

Dazu kommt nun aber infolge der intensiven Beleuchtung die Möglichkeit einer über das bisherige Maß weit hinausgehenden Vergrößerung der Beobachtungsinstrumente; es können bei der Spaltlampe im Durchschnitt Linearvergrößerungen von ca. 50 verwendet werden, jedoch läßt sich darüber bei Bedarf meist weit hinausgehen, auf 100fach linear und mehr. Man stelle sich dies einmal vor: Ein *lebendes* Organ des menschlichen Körpers, dazu sein vornehmstes, kann einer direkten Untersuchung bei idealer Beleuchtung und über 100facher Vergrößerung unterzogen werden. Welche Ergebnisse sich damit erzielen lassen, soll im nächsten Abschnitt einigermaßen zusammenfassend dargestellt werden.

Vorerst jedoch mag es zweckmäßig sein, zum besseren Verständnis durch einige Figuren den Gang der Strahlen des Beleuchtungs- und Beobachtungsinstrumentariums näher zu erläutern:

Eine möglichst hohe *Intensität* sowie *Homogenität* des Querschnittes des Beleuchtungsbündels, sowie ferner die scharfe, am besten

rechteckförmige *Begrenzung* dieses Querschnittes an der Stelle, die zur Beleuchtung des Objektes verwendet werden soll, wird erreicht durch die in Fig. 2 dargestellte optische Einrichtung. Dabei ist zu bemerken, daß man die von *Gullstrand* ursprünglich vorgenommene Justierung und damit den Strahlengang in neuerer Zeit etwas modifizierte, indem es sich zeigte, daß durch die optischen Eigenschaften des Bündels, wie sie in den drei vorstehenden Kardinalpunkten kurz charakterisiert sind, noch wesentlich verbessert wurden.

Das *Beobachtungsinstrument* ist nach den Prinzipien eines horizontal montierten, stereoskopischen Mikroskops konstruiert; es läßt sich bequem höher und tiefer, vorwärts und rückwärts schrauben, ferner um eine horizontale und eine vertikale Achse drehen und somit mit Leichtigkeit auf jeden gewünschten Ort einstellen.



Fig. 2.

- L: Lichtquelle (ursprünglich Nernstlicht; neuerdings aber infolge ihrer höheren spezifischen Helligkeit: 50-kerzige *Nitralampe* mit einer feinstgewickelten Leuchtschnecke; oder noch heller: Bogenlicht).
C₁: Collectorsystem.
S: Spalte. Von dieser Spalte, in welcher *Gullstrand* ursprünglich die Lichtquelle abbildete, um dann durch die *Condensorlinse* C₂ bei O eine zweite Abbildung derselben zu bewirken, hat die Spaltlampe ihren Namen.

— Nach der neuen Justierungsart wird die Lichtquelle nicht mehr in der Spalte S, sondern in der Scheittelebene der Condensorlinse C₂ abgebildet. Die Spalte S hat somit einzig noch den Zweck, dem Bündel an der Stelle seiner Verwendung bei O den gewünschten Querschnitt zu erteilen, der in der Regel zweckmäßig die Form eines aufrechten Rechtecks von geringer Breite hat.

O: Beleuchtetes Objekt. An dieser Stelle, und *allein* hier, genügt das Bündel den theoretischen Anforderungen: Hohe Lichtintensität, homogene Helligkeit des Querschnittes, scharfe Begrenzung.

Dieses ganze System ist auf einem um eine vertikale sowohl als um eine horizontale Achse beweglichen Arm, dem sog. *Spaltarm*, befestigt. Dadurch kann dem Lichtbündel jede beliebige Richtung und Stellung gegeben werden.

Es kann nun natürlich im Folgenden nicht die Rede sein, die Leistungen der Spaltlampe und ihre zukünftigen Möglichkeiten auch nur annähernd erschöpfend darzustellen. Sondern es soll hier nur an Hand eines kurzen Überblickes dem Leser ein Begriff von diesen Dingen gegeben werden.

Wir besprechen in erster Linie die Fortschritte, die die Spaltlampe in *lokalisatorischer Hinsicht* gebracht hat.

Bisher ließen sich Bestimmungen über die Tiefe irgendeiner Stelle des Auges am lebenden Organ nur annähernd vornehmen, indem man vermittels binokularer Betrachtung abschätzte, wo

das Objekt liege, ob z. B. ein entzündlicher Prozeß an der Oberfläche der Hornhaut oder in deren mittleren oder tieferen Schichten stattfindet. Das Spaltlampenbüschel gibt uns die Möglichkeit, solche Tiefenschätzungen mit größter Genauigkeit vorzunehmen, und zwar nach folgendem Prinzip: das rechtwinklig begrenzte Büschel schneidet z. B. aus der Hornhaut (also einem parallel-konvex begrenzten Medium) ein erleuchtetes Stück heraus, während die Umgebung im Dunkel liegt. Dieses Stück hat annähernd die Form eines Prismas, wobei die längste Kante ca. 1 mm mißt (Fig. 3).

Hierbei dient namentlich die Fläche *bdfh*, die einen optischen Schnitt durch die Dicke der Cornea darstellt, zur Lagebestimmung innerhalb der Cornea. Denn diejenige Stelle in dieser Fläche, an der bei leichter horizontaler Bewegung des Spaltarmes und damit des Büschels von links nach rechts irgendein Gebilde (z. B. Punkt A) aufleuchtet, d. h. in das Büschel tritt, bestimmt die Tiefenlage jenes Gebildes. Je näher an der Kante *bd* dieses aufleuchtet, desto oberflächlicher

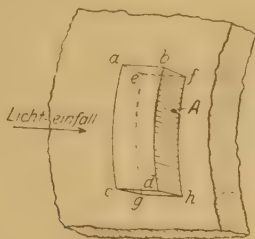


Fig. 3.

Zur Ermittlung der Tiefe irgendeiner Stelle in der Hornhaut.

in der Hornhaut liegt es, je näher *fh*, desto tiefer. Ja es ist möglich, die genaue Tiefenlage des Gebildes mittels einer einfachen trigonometrischen Formel auf Bruchteile eines Millimeters exakt anzugeben, wenn man die Winkel des Lichteinfalles und der optischen Achse des Beobachtungsinstrumentes zum Lote bestimmt, und am Okulare eine Meßskala anbringt.

Ähnlich, wie hier für die Hornhaut geschildert, sind die Verhältnisse für die Linse und den Glaskörper.

Die vorzüglichste Bedeutung der Spaltlampe jedoch liegt auf dem Gebiet der *Mikroskopie*. Hier öffnet sich dem Beobachter eine gewaltige Fülle neuer und überraschender Entdeckungen. Namentlich beziehen sich diese auf die optischen Medien; indessen hat auch die Untersuchung der nicht durchsichtigen Gebilde durch die Spaltlampe eine große Förderung erhalten.

In der Hornhaut enthüllen sich die feinsten Details der Oberfläche, des Parenchyms und des Endothels. So sind z. B. die feinen Nervenverzweigungen im Stroma der Cornea genau zu verfolgen; eingewachsene Kapillaren, jeder anderen Untersuchungsmethode oft unzugänglich, treten klar zutage; ja der überraschte Untersucher sieht

in diesen feinsten Kanälchen einen Strom von zirkulierenden Blutkörperchen. — Das Hornhautendothel, jenes feinste Häutchen von ca. 5 μ Dicke, aus einer einzelligen Schicht bestehend, ist bis in seine feinsten Einzelheiten auflösbar; bei einer gewissen Einstellung ist jede einzelne Zelle, durch die Kittlinien begrenzt, sichtbar; ferner sind oft noch die Zellkerne zu sehen, so daß dann ein feinstes Mosaik ähnlich einer Bienenwabe entsteht.

In der vorderen Augenkammer, die in normalem Zustande optisch leer erscheint, zeigen sich die feinsten pathologischen Veränderungen: flotierende Korpuskeln von Fibrin, Pigmentzellen oder Blutkörperchen. Ferner sind allerfeinste Beschläge auf der Hornhauthinterfläche, die ein wichtiges Symptom in der ärztlichen Diagnostik bedeuten, festzustellen, lange bevor eine der bisher üblichen Methoden sie zu erkennen vermochte.

Die Linse bildet für die Spaltlampe eine wahre Fundgrube. Hier besonders erschließen sich dem geschulten Beobachter Einzelheiten, die selbst dem Anatomen bisher unbekannt waren. Denn hier

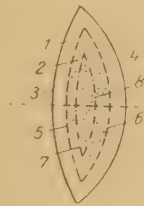


Fig. 4.

- 1 Linsenrinde.
- 2 Linsen(alters)kern.
- 3 Vordere Linsenfläche (Linsenkapsel).
- 4 Hintere Linsenfläche (Linsenkapsel).
- 5 Alterskernvorderfläche.
- 6 Alterskernhinterfläche.
- 7 Embryonalkernvorderfläche.
- 8 Embryonalkernhinterfläche.

haben wir es mit der Betrachtung des lebenden Organes in situ zu tun, während durch den histologischen Härtings- und Färbungsprozeß die Feinheiten verwischt oder zerstört werden und dann auch bei stärkerer Vergrößerung, als sie beim Spaltlampenmikroskop möglich sind, nicht mehr sichtbar werden. So zeigte es sich, daß die Linse des Auges nicht etwa einer gewöhnlichen homogenen Bikonvexlinse entspricht (was man allerdings zum Teil schon vorher wußte), sondern daß der Aufbau viel mehr Ähnlichkeit mit einem der in der Präzisionsoptik verwendeten Linsensysteme hat, wobei allerdings die Art und Wirkungsweise der einzelnen Teile der menschlichen Linse wahrscheinlich bedeutende Verschiedenheiten gegenüber jenen optischen Systemen aufweist. Die Linse des Auges setzt sich nach den bisherigen Ergebnissen der intravitalen Mikroskopie aus zahlreichen, zwiebelschalenartig ineinandergeschachtelten Lagen, die durch die sog. *Diskontinuitätsflächen* voneinander getrennt sind, zu-

sammen. Nur die wichtigsten seien hier erwähnt (Fig. 4).

Diese Diskontinuitätsflächen, d. h. Flächen vermehrter Reflexion, stellen die Begrenzung verschiedener Zonen der Linse dar, deren jede eine besondere Struktur und ein charakteristisches Nahtsystem (so heißen die Raphen, in denen die Linsenfasern spitzbogenförmig zusammenstoßen) aufweist. Diese Zonen entsprechen, da die Linse durch Apposition wächst, verschiedenen Altersstufen der Faserschichten. So findet sich z. B. das Relief des Embryonalkerns, dessen Nahtsystem in der vordern Begrenzungsfläche die Form eines aufrechten Y, in der hintern die eines Y verkehrten bildet, im fötalen Leben an der Oberfläche der Linse, rückt dann aber infolge Apposition von Linsensubstanz von der Oberfläche her allmählich in die Tiefe der Linse, wo es mit der Spaltlampe bis ins höchste Alter hinauf nachweisbar bleibt.

Nicht möglich ist es, hier auch nur einen Überblick zu geben über die Erforschung *pathologischer* Zustände der Linse vermittels der Spaltlampe. Denn dieses Gebiet ist sehr groß und spielt eine besonders wichtige Rolle in der heutigen Diagnostik der Ophthalmologie. So ist es, um nur dies eine anzuführen, gelungen, die ersten Anfänge der feinen Linsentrübungen, die dann bei zunehmender Ausdehnung und Stärke im Alter zum grauen Star (Katarakta senilis) führen, schon im jugendlichen Alter festzustellen. Ja, es darf behauptet werden, daß schon im Alter von 20 Jahren kaum ein menschliches Individuum mehr eine absolut klare Linse hat und um diese Zeit bereits in jedem Auge die ersten Anfänge des grauen Stars mit der Spaltlampe nachzuweisen sind, lange bevor der betroffene Mensch eine Ahnung davon hat. Damit charakterisiert sich der graue Star als eine normale Alterserscheinung (ähnlich dem Ergrauen der Haare), die bei den meisten Individuen zwar infolge geringer Intensität und Extensität bis ins Alter keine oder nur geringe Beschwerden macht, jedoch bei einem immerhin ansehnlichen Prozentsatz schwere Sehstörungen verursacht. — Schließlich hat die Spaltlampe die viel umstrittene Frage nach dem Ort des ersten Beginnes der Katarakttrübungen endgültig entschieden, dank der durch sie ermöglichten Lokalisierungsmethode. Diese Anfänge müssen nicht, wie lange angenommen wurde, dicht unter die Linsenoberfläche verlegt werden, sondern in die *tieferen* Rindenschichten der äquatorialen Bezirke.

Groß ist ferner die Fülle von neuen Beobachtungen anderer Alterserscheinungen der Linse, dann von embryonalen Residuen, von traumatischen und andern pathologischen Veränderungen. Die Differenzialdiagnostik gerade im Gebiet der Linse ist dadurch weitgehend vervollkommen worden.

Was den Glaskörper betrifft, so leuchtet auch

hier die Spaltlampe wörtlich in ein bisher unbekanntes Dunkel. Über die feinere intravital-histologische und -pathologische Struktur des Glaskörpers war bisher fast nichts bekannt. Die Spaltlampe enthüllt uns dagegen den Aufbau des Corpus vitreum als Gerüstwerk von fibrillärer und lamellärer Struktur. Während sich dicht hinter der Linse ein optisch leerer sog. *retrolentaler Raum* befindet, folgt erst in geringem Abstand von der Linsenhinterfläche die den Glaskörper nach vorn begrenzende *Membrana hyaloidea*. Zwischen den Maschen des Glaskörpergerüstwerkes findet sich die optisch leere Glaskörperflüssigkeit, in den Maschen oft eingelagerte feine weiße, graue oder farbige Pünktchen von noch nicht vollständig aufgeklärter Natur, welche dann bei zahlreichen pathologischen Zuständen eine starke Vermehrung erfahren. Am besten wird bei der Durchleuchtung des Glaskörpers eine Bogenlichtquelle benutzt.

Die Darstellung des heutigen Standes der Spaltlampenmikroskopie des menschlichen Auges wäre unvollkommen, wenn nicht noch mit einigen Worten der Untersuchung des *Augenhintergrundes* gedacht würde.

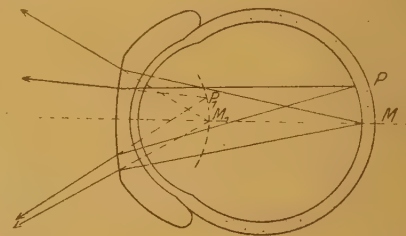


Fig. 5.

Zur Untersuchung des Augenhintergrundes mit Hilfe eines Kontaktglases auf der Netzhaut.

Die für die bisherigen Objekte angeführte Untersuchungsart gestattet nur das Eindringen bis zu einer gewissen Tiefe, nämlich bis ins zweite Glaskörperdrittel; aus technischen Gründen, die hier nicht näher zu erörtern sind, ist dort der gewöhnlichen Methode eine Schranke gesetzt. Durch Auflegen eines sog. *Kontaktglases* auf die Hornhaut können aber die Schwierigkeiten behoben werden. Dieses Kontaktglas, das eine der Hornhautkrümmung angepaßte Schale darstellt, wird nach Anästhesierung der Augenoberfläche unter die Lider eingeführt und kommt dadurch direkt auf die Cornea zu liegen. Da die dem Beobachter zugewendete Wölbung des Auflageglases bedeutend schwächer ist und also weniger stark lichtbrechend als die der normalen Hornhaut, so wird dadurch das Bild des Augenhintergrundes stark nach dem Beobachter hin verlegt, indem eine virtuelle, aufrechte Abbildung des Fundus weit vorn im Auge entsteht.

Wenn in Fig. 5 P und M zwei beleuchtete Punkte der Netzhaut darstellen, so wird das von

einem jeden reflektierte Strahlenbündel das Auge stark divergent verlassen. (Die Konstruktion ist in der Fig. 5 der Einfachheit halber unter Vernachlässigung der Linsenbrechung, welche prinzipiell an der Gesamtbrechung nichts ändert, ausgeführt.) Dadurch entstehen für den Beobachter virtuelle Bilder der Punkte P und M , nämlich P_1 und M_1 , und es wird demnach die ganze Netzhaut, in der ja Punkt M und P liegen, nach vorn gerückt und kommt tatsächlich bei der gebräuchlichen Form des Kontaktglases an eine Stelle ca. 16 mm hinter der Vorderfläche des Auflageglases, d. h. an die Grenze zwischen vorderem und mittlerem Glaskörperdrittel zu liegen. Das virtuelle Bild erfährt dabei gegenüber dem ursprünglichen eine Verkleinerung von 0,86. — Damit ist auch die Netzhaut resp. der Augenhintergrund der Spaltlampenmikroskopie erschlossen.

Ein anders konstruiertes Auflageglas ermöglicht ferner den Einblick in den *Randwinkel der vordern Augenkammer*, wo sich die Wurzel der Regenbogenhaut und ein kurzes Stück des Strahlenkörpers befinden; ohne Kontaktglas ist auch diese Stelle sowohl der gewöhnlichen als der Spaltlampenbetrachtung unzugänglich.

Es ist leicht denkbar, daß das Arbeiten mit diesen Auflagegläsern ein sehr kompliziertes und mühsames ist und deshalb noch nicht allgemeinen Eingang in die Technik der Spaltlampenuntersuchung gefunden hat; die intravitale Mikroskopie des Augenhintergrundes ist denn auch erst in den Anfängen begriffen.

Dasselbe gilt von der *Polarisations- und Ultramikroskopie* des lebenden Auges mit der Spaltlampe, die hier bloß dem Namen nach angeführt seien.

Wenn auch der Raum es nicht erlaubte, eine auch nur einigermaßen erschöpfende Darstellung des ganzen Gebietes zu geben, so steht doch zu hoffen, daß durch diese kurzen Ausführungen der Leser in die Lage versetzt sei, sich ein Bild von der Art und Wichtigkeit der Spaltlampenuntersuchung zu machen. Sie stellt für die Ophthalmologie eine Bereicherung des Instrumentariums von epochemachender Bedeutung dar. Sie ermöglicht ferner die exakteste bisher bekannte Untersuchungsmethode irgendeines lebenden menschlichen Organs. Die von ihr bereits in den wenigen Jahren ihres Bestehens geförderten Tatsachen und Erkenntnisse sind weittragend genug, um noch sehr vieles von ihren zukünftigen Leistungen erhoffen zu lassen.

Dabei ist auch auf die Möglichkeit einer Anwendbarkeit der Spaltlampe auf andern Gebieten der Medizin, z. B. in der Dermatologie zum genauen Studium von Effloreszenzen der Haut und der Schleimhäute, hinzuweisen.

Das Trachom.

Von Max Meyerhof, Hannover.

(Schluß.)

7. Die Behandlung³⁰⁾

des Trachoms muß als Ziel haben, den natürlichen Heilungsvorgang der Krankheit zu beschleunigen und die Heilung so wenig narbig wie möglich zu gestalten, damit stärkere Schrumpfungsfolgen ausbleiben. Insbesondere wäre das Ideal, das Trachom schon im I. Stadium, dem der Follikelbildung, „abortiv“ zur Heilung zu bringen und damit den ganzen langen, späteren Verlauf abzuschneiden. Leider gelingt das nur selten; gelingt es aber, wie manche Autoren berichten, mit ganz milden Ätzmitteln in kurzer Zeit, womöglich ohne Narbenbildung, so besteht der Verdacht, daß es sich gar nicht um „echtes“ Trachom, sondern um einen trachomähnlichen Follikularkatarh gehandelt habe. Oft kann die Differentialdiagnose überhaupt erst in dieser Weise *ex juvantibus* gestellt werden. Wenn andererseits manche Autoren (z. B. erst vor kurzem Santos Fernandez auf Cuba) den Pessimismus dahin treiben, zu behaupten, daß das „echte“ Trachom unheilbar sei, so geht das viel zu weit. Das Trachom kann aber, wie alle Infektionskrankheiten, leichter und schwerer auftreten. Daß es oft schwierig, zuweilen gar nicht heilbar ist, muß zugegeben werden.

Das ist schon durch die unübersehbare Menge der Heilmittel und Heilmethoden bewiesen, welche sich im Laufe der Jahrtausende herausgebildet haben. *Ein spezifisches Heilmittel gegen Trachom ist bis jetzt noch nicht gefunden worden.*

Gegen das Trachom der Lidbindehaut sind zunächst *chemisch wirkende Mittel* im Gebrauch. Dahin zählen seit dem grauen Altertum vor allem die ätzenden Metallsalze, das Tannin, Chlorwasser u. ä. Den Vorrang behaupten immer noch der *Höllenstein* (Argentum nitricum), früher als reiner Stift, oft mit schwerem Schaden angewandt, jetzt nur noch zu Pinselungen im I. Stadium, 1—2 prozentig, oder zu $\frac{1}{2}$ prozentigen Einträufelungen verwendet. Neuerdings sind ihm vielfach organische Silbersalze (Protargol, Argylol, Argentamin, Collargol) substituiert worden; ferner der *Blaustein* (Cuprum sulfuricum) als wässrige Tropfen, Glycerinlösung, Salbe und reiner Kristallstift. Essig- und zitronensaure Salze (Cupragol, Cuprocitrol) werden oft als Ersatz gebraucht, weil sie das Auge weniger heftig reizen. Bleisalze, Borsäure, Resorcin, Chinin, Naphtholverbindungen, Jodpräparate, selbst Jodtinktur, Methylviolett, Methylenblau folgen mit vielen anderen Mitteln in unendlicher Reihe.

³⁰⁾ Ausführliche Darstellung bei H. Kuhnt, Über die Therapie der Conjunctivitis granulosa, Jena 1897; bei J. Hirschberg, Über die Körnerkrankheit, Jena 1904; ferner bei Raehlmann, Über den Heilwert der Therapie bei Trachom, Berlin 1898, und in den in Anm. 5, 7 und 21. genannten Schriften.

Durch Jontophorese sollen Lösungen von Ätzmitteln in die Tiefen der Schleimhaut gebracht werden, wo vermutlich die unbekannten Erreger des Trachoms ihren Sitz haben. Kohlensäureschnee ist als Kälte-Ätzmittel empfohlen worden, und alle Augenblicke werden aus dem Arzneischatz weiser Frauen oder primitiver Völker neue „unfehlbare“ Heilmittel eingeführt³¹⁾. Über das brasilianische Mittel Jequirity werden wir weiter unten berichten. Versuche, die trachomatöse Schleimhaut gleichsam von hinten her, durch Einspritzungen von Quecksilbersalzen unter die Bindehaut zu sterilisieren, sind stets mißlungen, auch meine eigenen Experimente mit Sublimat und Oxycyanat, Kupfersulfat usw.

Die Hornhautkomplikationen des Trachoms, Entzündung und Geschwüre, welche dem Pannus voranzugehen pflegen, bilden eine Gegenanzeige der vorgenannten Ätzmittel. Sie erfordern schmerzstillende Mittel, wie Kokain, Novocain, Dionin, auch Atropin gegen etwaige Entzündung der Regenbogenhaut (*Iritis*), alle in wässriger ölgiger Lösung oder in Salbenform. Ferner warme Bähungen und Umschläge, Augenverband, und bei heftigen Schmerzkrisen sogar unter Umständen Morphineinspritzungen. Salicylpräparate (Aspirin) und Pantopon usw., auch Blutentziehungen an der Schläfe wirken gelegentlich schmerzlindernd und entzündungswidrig zugleich.

Die *Lichtbehandlung* mit ultravioletten Strahlen (Finsen, Höhensonne), mit Röntgenstrahlen und Radium hat gleichfalls in den meisten Fällen nicht zum Ziele geführt. Mit chemischen Mitteln *allein* sind die meisten Trachomfälle garnicht oder erst nach jahrelanger Behandlung zu heilen.

Darum sind die *mechanischen* Behandlungsmethoden viel mehr in Aufnahme gekommen, z. B. die Massage mit den Fingern, Fingernägeln, Glasstäben, Metallsonden, die Walkung und Knickung der verdickten Lidknorpel, vor allem aber die *Ausrollung* und *-quetschung* mit der von Knapp 1891 eingeführten Rollzange und dem Kuhntschen Expressor. Hierbei werden die dicksten Follikel zum Platzen gebracht, ohne daß die Schleimhaut sonst zu schwer geschädigt wird. Die uralte *Abkratzung* und *Skarifikation* der Bindehaut mit Löffel, Skalpell, Lidschaber, Pinseln, Metallbürsten usw. wird nebenbei noch überall verwandt. Einzelne Follikel werden mit elektrolytischer Nadel oder galvanokaustischem Spitzbrenner zerstört. Eine Rückkehr zu den brutalen Methoden alter Zeit bedeutet es, wenn Abadie (Paris) letzthin das Einbrennen von 1 cm tiefen Trichtern in die Schleimhaut der Übergangsfalten empfohlen hat.

Eine *mechanisch-chemische* Behandlung erfreut sich nicht mit Unrecht großer Beliebtheit, nämlich die 1890 von den Brüdern Keining ein-

geführte Abreibung der rauhen Schleimhaut mit einem in Sublimatlösung 1:1000 (oder stärker) getauchten, ausgedrückten Wattebausch. Diese Methode leistet als Nachbehandlung nach der Ausrollung oft Gutes. Weniger die von Kostomiris gerühmte Abreibung der Bindehaut mit Borsäurepulver.

Von der *spezifischen Immuntherapie* war schon oben die Rede. Sie hat noch nichts geleistet, und auch die neuesten Berichte klingen nicht ermutigend³²⁾.

Das gleiche gilt von der neuerdings in der Augenheilkunde viel angewandten nicht spezifischen *parenteralen Milchbehandlung*, d. h. Einspritzungen von sterilisierter Milch oder Milcheiweißpräparaten (Caseosan, Aolan, Ophthalmosan usw.). Diese Behandlung scheint zwar zuweilen Entzündung und Schmerzen bei Trachom zu mildern, aber weder die Granulationen noch den Pannus günstig zu beeinflussen.

So wurde denn die schon im Altertum und Mittelalter, dann auch nach 1821 von Ph. von Walter und von Galezowski (1874) geübte *chirurgische Methode der Ausschneidung* wieder aufgenommen, und zwar von der Königsberger Schule des Professors Julius Jacobson. Heisrath und Kuhnt haben vor allem die Entfernung der trachomatösen Übergangsfalten, eventuell mit einem großen Teile des erkrankten Lidknorpels als feste Methode ausgebildet. In der Tat gelingt es dadurch zuweilen die schwersten Formen des Trachoms zur Heilung zu bringen und sonst verlorene Augen zu retten. Aber die Opferung großer Teile der Bindehaut führt erhebliche Verkleinerung oder Verwachsung (*Symblepharon*) des Bindehautsackes herbei. Außerdem sind auch diese Augen nicht vor Rückfällen des Trachoms geschützt. Nachdem früher durch zu wahlloses Ausschneiden mancher Schaden angerichtet worden war, beschränkt die Mehrzahl der Augenärzte die Indikation dieser Operation jetzt auf die allerschwersten, alten Trachomfälle, in welchen knorpelharte, rauhe Granulationen die Hornhaut auf das höchste bedrohen³³⁾.

Von den *Folgezuständen* des Trachoms an der *Hornhaut* werden *Pannus* und *Flecken* häufig schon allein durch die erfolgreiche Behandlung der Lidbindehaut zur Aufhellung gebracht. Gelbe Quecksilberoxydsalbe und subkonjunktivale Kochsalzeinspritzungen können die Aufhellung beschleunigen. Dichtere Weißflecken machen zuweilen künstliche Pupillenbildung, Synechielösung und Schwarzfärbung (Tätowierung) des Flecks erforderlich. Gegen Pannus ist die altarabische

³²⁾ Demaria, Arch. de Oft. Hisp. Americ, Vol. 16, p. 180, und Penichet, Revista Cubana de Oftalm, Vol. I, 1919, S. 622. Nicolle, Cuénod et Blanc, siehe Anm. 24.

³³⁾ Hirschberg a. a. O. Mac Callan, Trachoma and its Complications in Egypt, Cambridge and London 1913. M. Meyerhof, Erfahrungen aus der chirurgischen Behandlung des Trachoms in Ägypten, Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 43, 1920, S. 129—141.

³¹⁾ Z. B. augenblicklich von N. Sculco, die italienische Pflanze Nepeta Cataria L. var. citriodora (Clinique Ophthalmologique 1919, S. 67) als Pulver zum Aufstreuen.

Methode der Umschneidung der Augapfelbindehaut noch in Gebrauch, auch die Schlitzung oder Brennung der Pannusgefäße. Ich sah davon nie viel Gutes. Es ist aber beobachtet worden, daß eine stürmische Entzündung, wie Kopfroße (Erysipel) oder Augentripper (Blennorrhöe) einen dichten Pannus zur Aufhellung bringen konnte. Jäger (1817), Piringer (1838) und Goldzieher (1907) haben es gewagt, durch Einimpfung absichtlich die letztere Krankheit hervorzurufen, und gute Erfolge gerühmt. Aber ich selbst sah in Ägypten oft einen ohne Willen des Kranken und des Arztes auf Trachomaugen gepflanzten Augentripper — bei der alljährlichen furchtbaren Sommerepidemie — das Auge zerstören. So kann ich nur dringend von dieser gewagten Methode abraten. 1882 hat v. Wecker das brasilianische Volksheilmittel *Jequirity* zur Aufhellung des Pannus verwandt: Paternostererbsen (*Abrus precatorius*) werden zerstoßen, in Wasser mazeriert und zu Umschlägen verwandt. Die Folge ist eine überaus stürmische diphtherieähnliche Entzündung der Bindehäute, nach deren Ablauf der Pannus häufig sehr erheblich aufgehellt ist. Das wirksame Prinzip ist die sehr giftige Toxalbumose *Abrin*. Da nun zuweilen die erzeugte Entzündung jedes Maß überschreitet und zur Zerstörung der Hornhaut führen konnte, so hat P. Römer 1901, fußend auf Ehrlichs klassischen Untersuchungen über Abrinimmunität (1891), ein reines Abrinpräparat (Jequiritol) herstellen lassen, das in steigender Dosierung eingeträufelt eine mildere, besser zu überwachende Augenentzündung hervorrief. Durch Blutserum abrinimmunisierter Tiere (Jequiritolserum) ließ sich die etwa zu heftige Entzündung noch weiter mildern. Aber in der Praxis hat sich gezeigt, daß der Verlauf der Entzündung trotzdem nicht immer regelmäßig ausfällt, daß Lidentzündungen, Tränensackeiterungen, Hornhautgeschwüre und Störungen des Allgemeinbefindens auch bei dieser gemilderten Jequirityanwendung nicht ausbleiben, daß aber die gewünschte Aufhellung des Pannus keineswegs immer erfolgt. Bei frischen Trachomaffektionen wirkt das Jequiritol ebensowenig wie das Jequirity selbst. Aus allen diesen Gründen hat sich das Mittel noch nicht allgemein eingebürgert³⁴).

Die *Schrumpfung der Bindehaut* muß mitunter durch Operation (Lösung von Narbensträngen, Erweiterung des Bindehautsackes durch Einlegen von Streifen von Lippenschleimhaut) bekämpft werden. Gegen die *Verengerung der Lidspalte* hilft die operative Erweiterung des äußeren Lidwinkels (*Kanthoplastik*) nach verschiedenen Methoden.

Gegen die *Einkrümmung des Lidknorpels*

(*Entropion*) sind Verkürzung der Lidhaut durch Nähte (*Gaillard-Arlt, Snellen*), Ausschneidung (*Carron du Villard, v. Graefe, Jaesche, Hotz*), vor allem aber die Ausschälung des ganzen Lidknorpels von innen her (*Kuhnt*) von Nutzen. *Peschels* Brandnarbe der Haut ist häßlich.

Die *Haarkrankheit (Trichiasis)*, welche ja nur die Folge des Entropions ist, erfordert energischere Methoden, da Elektrolyse, Kaustik, Empornähen einzelner Haare oft keinen dauernden Erfolg haben, und bei Vorhandensein vieler falschstehender Haare unmöglich sind. Die Abtragung des ganzen Wimperbodens (*Flarer*) wirkt oft entstellend, und muß durch Einpflanzung von Lippenschleimhaut verbessert werden. Verschiebungen des Wimperbodens (*Jaesche-Arlt, Spencer-Watson*) haben die gleichen Nachteile und müssen ebenso ergänzt werden. Sonst reibt die Lidhaut auf der Hornhaut des Augapfels und wirkt fast ebenso heftig reizend auf dieselbe, wie vorher die Haare. Andere Methoden (*Snellen, Platz, Anagnostakis, Chronis, Berlin u. a.*) verdrängen den Lidknorpel durch Ausschneiden, oder durchschneiden ihn (*Panas*), um eine völlige Auswärtsdrehung des wimpertragenden Lidrandes zu bewirken. Ganz ideal ist keine Methode, und der Augenarzt muß sich von Fall zu Fall die passendste aussuchen, gegebenenfalls modifizieren. Die Zahl der bisher angegebenen Modifikationen beträgt schon über 200! Oft müssen mehrere Verfahren miteinander verbunden werden, besonders wenn schon früher erfolglos operiert worden war.

Die furchtbare *Xerose* oder Vertrocknung der Binde- und Hornhaut spottet jeder Behandlung. Wohl läßt sie sich durch Milch- und Ölträufelung noch eine Zeitlang bessern, aber schließlich führt sie unrettbar zur Erblindung.

Die *Tränenorgane* werden beim Trachom genau so behandelt, wie ohne sein Bestehen. Die Schilderung würde hier zu weit führen.

Daß die Kranken möglichst reinlich zu halten sind, versteht sich von selbst. Das Dunkelzimmer schätzt man jetzt nicht mehr für Trachomkranke. Luft und Licht tut ihnen gut, ebenso gute Ernährung. Dem Höhenklima wurde früher eine besondere Heilwirkung zugeschrieben. Vielleicht ist es nur die größere Kühle, welche günstigen Einfluß übt. Denn ich sah Ägypter mit ganz vernarbtem Trachom im heißen Nillande immer wieder neue Hornhautentzündungen bekommen. Im Libanon aber, in der Schweiz oder in Nord-europa heilten sie zuweilen ohne jede Behandlung.

Die *Dauer* der Behandlung ist niemals vorauszusehen. Unter 3 Monaten wird man schwerlich ein echtes Trachom zur vollkommenen Heilung bringen können. Meistens aber braucht ein mittelschweres Trachom 6—12 Monate, ein schweres mehrere Jahre zur Heilung, bei nahezu täglicher Behandlung. Ich kenne aber Fälle, in welchen ein Trachom nach 20—30 jähriger Behandlung noch nicht vollkommen vernarbt war und noch Rückfälle von Hornhautentzündung machte!

³⁴) Ausführliche Darstellung der ganzen Frage bei E. Hertel, Die nichtmedikamentöse Therapie der Augenkrankheiten. Graefe-Saemisch-Heß' Handb. d. ges. Augenheilk. Bd. IV, Abt. 2, Nachtr. I, 1918, S. 285 bis 293.

Daß dabei selbst Wohlhabenden oft die Mittel ausgehen, sich weiterbehandeln zu lassen, daß die Ungebildeten meist die Geduld verlieren, versteht sich von selbst. So bildet denn auch das Trachom eine reiche Domäne für das Kurpfuschertum. Besonders im Orient gibt es ganze Klassen von Trachombehandlern, wie den *hakim* (Doktor) in Indien, den *kahhâl* (Augenheiler) in Persien, den *tabîb* (Heilkünstler) in Nordafrika. Sie richten durch Operieren nach mittelalterlichen Vorbildern viel Unheil an.

Über die *Erfolge* der heutigen Trachombehandlung lassen sich keine statistischen Angaben ermitteln. In den Großstädten zivilisierter, trachomarmer Länder werden fast alle Fälle geheilt, zumal dort, wo Krankenkassen- und Invaliditätsfürsorge besteht. Auf dem Lande ist das Verhältnis schon ungünstiger, um sich in trachomreichen, minder zivilisierten Ländern erheblich zu verschlechtern. *Mac Callan*³⁵⁾ berichtet aus 11 ägyptischen Regierungsschulen in verschiedenen Provinzstädten mit etwa 2800 Schülern, daß sich im Laufe einer einjährigen Behandlung die Zahl der trachomkranken Schüler (90,1 %) nicht vermindert habe, daß aber die Zahl der narbig geheilten Trachomfälle von 32,6 auf 42,8 %, also um 10 % gestiegen sei. Die Zahl der *schweren* Fälle nahm in der gleichen Zeit von 16,7 auf 8,2 % der Gesamtzahl ab. Das sind recht betrübende Ziffern, und doch ist das Elend in der großen Masse der Bevölkerung ein weit größeres. Wer in den Städten und Dörfern Ägyptens die unendliche Menge von Blinden, Triefäugigen, Einäugigen und der mit blauer Binde vor den Augen Geführten gesehen hat, der begreift, welch ein soziales Elend das Trachom als Massenkrankheit bedeutet. Als ich 1911 die Poliklinik des Abbashospitals in Kairo eröffnete, da standen nach wenigen Tagen 3–400 Trachomkranke hilfesuchend vor den Toren des Hauses, eine Zahl, gegen welche wir vier Ärzte einfach machtlos waren. In den 18 Regierungskliniken kann immer nur eine beschränkte Zahl aus der ungeheuren Menge der andrängenden Trachomkranken behandelt werden.

Bei einer so langdauernden und schwer zu heilenden Krankheit ist

8. die Verhütung und Bekämpfung³⁶⁾

von außerordentlicher Wichtigkeit; sie stellt einen bedeutungsvollen Teil der Trachomfrage dar und ist eine keineswegs einfache Aufgabe.

Trachomfreie Kulturländer mit hohem Wohlstand der Bevölkerung, wie die Schweiz und

Skandinavien, bedürfen keiner besonderen Maßnahmen an den Grenzen, solange keine *Masseneinwanderung* aus verseuchten Ländern nach ihnen hin erfolgt. Anders steht es mit großen Staaten, wie Preußen, welches alljährlich von polnischen und russischen Wanderarbeitern („Sachsengängern“) überschwemmt wird und außerdem ein Durchgangsland für die Scharen der armen Amerikaauswanderer aus Europas Osten und Südosten bildete. Hier waren die z. T. vom Staate, z. T. von den großen Schiffahrtsgesellschaften in den östlichen Grenzorten eingerichteten Untersuchungsstationen für ansteckende Krankheiten von großer Bedeutung. Sie können aber das Durchschlüpfen zahlreicher trachomkranker Menschen nicht unbedingt verhindern.

Viel einfacher liegt die Sache für Inseln oder für nur zur See erreichbare Festländer. Da haben die Vereinigten Staaten 1897 auf Veranlassung ihrer Augenärztlichen Gesellschaft den radikalsten Schritt getan, indem sie trachomkranken Einwanderern die Landung verboten. Jeder Passagier wird vor der Landung ärztlich untersucht und selbst dann zurückgewiesen, wenn er nur narbige Spuren eines früher durchgemachten Trachoms in den Bindehäuten aufweist. Späterhin ist sogar den Schiffahrtsgesellschaften eine Buße von 100 Dollars für jeden nach den Häfen des Landes mitgebrachten trachomkranken Passagier auferlegt worden. Daher lassen diese Gesellschaften die Auswanderer schon in den Heimathäfen, ja, wie wir sahen, sogar an den Landesgrenzen untersuchen, um Körnerkranke auszuschließen. Die Maßregel ist an sich sehr gut, wird aber durch zu rigorose Handhabung zur Fernhaltung der Masseneinwanderung benutzt. Oft werden Zwischendeckspassagiere zurückgewiesen, die nur eine leichte Rötung der Bindehaut aufweisen, während trachomkranke Reisende der 1. und 2. Klasse leicht durchschlüpfen. Familien werden brutal auseinandergerissen, indem man den trachomverdächtigen Vater nach Europa zurückschickt, und dergleichen mehr. Das gefürchtete Sperrlager von Ellis Island vor New York könnte sehr leicht mit Beobachtungs- und Behandlungskliniken versehen werden, um solche soziale Mißstände zu beseitigen. In Kanada wird die Einwanderung ähnlich streng, in Mittel- und Südamerika viel nachlässiger überwacht.

Zur Bekämpfung des Trachoms als *Volksseuche* ist vor allen Dingen die *Meldepflicht* erforderlich, wie sie 1905 in Deutschland durch die Änderung des Reichsseuchengesetzes durchgeführt worden ist: der Arzt muß jeden in seine Behandlung tretenden Trachomfall melden, und der Kranke muß nachweisen, daß er bis zur Heilung in ärztlicher Behandlung steht. *Unentgeltliche Behandlung* ist in den trachomreichen Ostprovinzen gesichert, aber infolge der weitgehenden Krankenversicherungspflicht auch im übrigen

³⁵⁾ Seventh Ann. Rep. on the Ophth. Section 1919, Cairo 1920, p. 39–41.

³⁶⁾ Ausführlich behandelt bei *Boldt*, Das Trachom als Volks- und Heereskrankheit, Berlin 1903, S. 193 bis 230. Ferner in den obengenannten Schriften von *Hirschberg*, *Stanculeanu* und *Mihail*, und in jüngster Zeit nochmals von *Hirschberg* (Berl. Med. Gesellsch., Sitzung vom 28. 5. 1919).

Deutschland fast stets zu erlangen. Der gewissenhafte Arzt wird auch die trachomverdächtigen Fälle melden. Völlige Isolierung ist unnötig, nötig aber Belehrung des Kranken und seiner Umgebung über Vermeidung der gemeinsamen Benutzung von Wasch- und Reinigungsgeräten. Bei Aufhören der ansteckenden Absonderung darf Besuch der Schule oder Arbeitsstätte wieder gestattet werden. In trachomreichen Gegenden sind *Schuluntersuchungen* in Abständen von etwa drei Monaten vorzunehmen, womöglich auch die Familien trachomkranker Kinder und Arbeiter zu untersuchen. Das Ideal wäre ein von *Hirschberg* empfohlenes „Augenzeugnis“, welches gleich dem Impfzeugnis vor der Aufnahme in eine Schule, ein Internat, ein Massenquartier oder eine Arbeitsstätte vorzuweisen wäre. Geschulte Schwestern, eventuell auch Pfleger oder Lehrer müßten die Behandlung feststellen, die häusliche Reinlichkeit kontrollieren. Ihnen jedoch die Behandlung zu überlassen, dürfte nicht angehen. Dazu sind Ärzte, und zwar *besonders geschulte Ärzte*, und für die schweren Fälle besondere *Trachomkrankenhäuser* erforderlich. In Ost- und Westpreußen sowie in Posen erhielten bisher gewisse Augenkliniken für diese Zwecke staatliche Unterstützung. Augenärzte wie *Heisrath, Schneller, Jacobson, A. v. Hippel, Kuhnt, Krückmann, Augstein, Schieck* u. a. haben sich durch ihr persönliches Wirken und Heranbildung zahlreicher Schüler in Trachomkursen große Verdienste um die Bekämpfung der Volksseuche im Osten erworben, *Hirschberg, Greeff, Hoppe* und vor allem *M. Kirchner* durch Organisation dieses Kampfes zur Sanierung des deutschen Ostens bedeutend beigetragen. Noch besser allerdings hat die wirtschaftliche Blüte dieser Landesteile vor dem Kriege gewirkt. Es ist sehr zu fürchten, daß sich der Zustand in dem wirtschaftlichen Elend des neuen Staates Polen wieder verschlechtern wird.

Als *Heereskrankheit* ist das Trachom im Frieden viel leichter zu bekämpfen. Im alten deutschen Heere bestanden genaue Rekrutierungs-, Isolierungs- und Behandlungsvorschriften, welche während des Krieges vorzüglich gewirkt haben. In Ungarn waren schon seit 1886 genaue Vorschriften erlassen, aber nicht immer streng durchgeführt worden. Im Weltkriege mußte die österreichisch-ungarische Armee, um dem enormen Bedarf an Menschenmaterial gerecht zu werden, auch leicht Trachomkranke einstellen, die zu besonderen Trachombataillonen vereinigt wurden und teils Arbeitsdienst, teils Frontdienst geleistet haben. Auch in Rußland war anfangs die Zahl der eingestellten Trachomkranken gering, um im Laufe des Krieges allmählich zuzunehmen. Militärärzten übernahmen die Behandlung in besonderen Abteilungen. Die weitausgedehnte Trachombehandlung der Militärpersonen wäre natürlich auch der Zivilbevölkerung zugute gekommen, wenn nicht die nachfolgenden sozialen

Wirren mit wirtschaftlicher Verelendung diesen Vorteil wieder aufgehoben hätten.

Leider hat das preußische Vorbild der staatlichen Trachombekämpfung bisher noch zu wenig Nachahmung gefunden. In Ungarn ist sie durch *N. Feuer* und nach ihm durch *E. von Groß* organisiert worden, in Österreich von den Landespitälern aus, in Italien durch die Universitätskliniken in Angriff genommen worden. In Rußland, wo 1892 nur ein Augenarzt auf 272 000 Einwohner kam, hat die „Maria-Gesellschaft für Blindenwohlfahrt“ seit 1893 sogenannte „fliegende Kolonnen“ zur Bekämpfung der Augenkrankheiten und vorwiegend des Trachoms entsandt und bis 1911 fast eine Million armer Augenkranker behandeln lassen; auch hat sie 21 große Augenkliniken und 117 feste Ambulanzen gegründet. In Ägypten wurden 1903 durch den deutsch-englischen Philanthropen Sir *Ernest Cassel* die Mittel zur Schaffung zweier „fliegender Augenkliniken“ gestiftet. Aber das Unzureichende derartiger Einrichtungen liegt auf der Hand: sie können nur wenige Monate in jeder Provinz verweilen und lassen die meisten Trachomfälle halb oder gar nicht geheilt zurück. Dr. *Mac Callan* hat mit drängender Energie von Regierung und Provinzräten die Mittel für die Schaffung von 14 festen und 4 fliegenden Augenkliniken zu erlangen gewußt, welche jetzt höchst segensreich wirken, wenn sie auch gegenüber der enormen Verbreitung des Trachoms „ein Tropfen auf einem heißen Stein“ sind. Andere trachomreiche Länder, wie Spanien, Polen und die Balkanstaaten haben noch fast nichts zur staatlichen Trachombekämpfung geleistet.

Für unser kleines Söldnerheer mit langjähriger Dienstverpflichtung besteht keine große Trachomgefahr mehr. Die Zivilbevölkerung aber ist durch die im Vertrage von Versailles geschaffene verlängerte Grenze im Osten und durch die Vermengung mit polnischen und anderen, nicht deutscher Verwaltung unterstehenden Landesteilen erheblich mehr gefährdet. Diesen Eindruck haben selbst wie hier in Niedersachsen, wo alle Augenärzte seit 1918 eine leichte Zunahme der Trachomfälle feststellen können. Nur ein energisches, langjähriges Zusammenwirken zwischen Ärzten und Behörden kann diese Gefahr eindämmen und eine allmähliche Ausrottung des Trachoms in die Wege leiten.

Besprechungen.

Bütschli, Otto, Vorlesungen über vergleichende Anatomie. 3. Lieferung. Berlin, Julius Springer, 1921. S. 643–931, 270 Abbildungen. Preis M. 48,—.

Im Februar dieses Jahres erschien nach langer, durch den Krieg verursachter Pause die sehnlichst erwartete Schlußlieferung des 1. Bandes von *Bütschli* „Vorlesungen über vergleichende Anatomie“, nachdem die 1. Lieferung 1910, die 2. Lieferung 1912 herausgekommen war. Der Meister hat die Vollendung der

Drucklegung nicht erlebt; immerhin konnte er die Korrektur der ersten 11 Bogen noch selbst lesen. Damit ist uns zunächst einmal der 1. Band dieses Werkes in sicherem Besitz. Es ist aber auch dafür gesorgt, daß das Ganze durch Erscheinen des 2. Bandes fertig gestellt wird. Die Bearbeitung des Darmsystems liegt im Manuskript des Verstorbenen fertig vor, und die noch fehlenden Abschnitte über Exkretions- und Geschlechtsorgane wird sein Schüler und Freund *Fritz Blochmann* in Tübingen bearbeiten.

Ein Werk von solcher Bedeutung wie *Bütschlis* „Vorlesungen“ verdient eine eingehende Würdigung. Es gibt wenige Lehrbücher in der Biologie, die in gleichem Maße wie dieses einen Anspruch auf die Bezeichnung klassisch haben, durch inneres Ebenmaß, Ruhe des Urteils und vollendete Durcharbeitung nach Stoff und Darstellung. Es gehört zu jenen Büchern, die „der Nachwelt unverloren“ bleiben.

Die Morphologie der Tiere ist eine fertige Wissenschaft. Nicht in dem Sinne, daß alle Fragen endgültig gelöst wären, daß nicht noch hier und da ein Fortschritt über das Erreichte hinaus möglich wäre. „Das ist ja das Wesen der Wissenschaft, daß sie nicht zum Abschluß kommt; das wäre ihr Ende, ihr Tod“ (*Gegenbaur*). Aber die Riesenmenge des Stoffes, die seit *Cuviers* Zeiten von Generationen emsiger Arbeiter zusammengetragen und besonders in dem halben Jahrhundert nach *Darwins* „Entstehung der Arten“ mit erhöhtem Eifer vermehrt, gesichtet und geordnet worden ist, liefert eine zusammenhängende, wenn auch noch nicht ganz lückenlose Grundlage für diese Wissenschaft, deren Ordnung kaum mehr auf Schwierigkeiten stößt. In den Hauptfragen herrscht Einigkeit. Der Streit entgegengesetzter Ansichten ist auch dort, wo er noch nicht entschieden ist, zur Ruhe gekommen. Die Durchdringung der vergleichenden Anatomie mit den Gedanken der Abstammungslehre hat zu einem einheitlichen, bedeutenden, in seinem Gesamteindruck gewaltigen Wissenschaftsgebäude geführt. Die Menge der Arbeiten auf diesem Gebiete flaut ab. Andere Forschungsrichtungen blühen auf; die Morphologie macht der Morphogenie Platz, die, auf ihr fußend, über sie hinausgeht und mit neuen Fragestellungen die Jünger der biologischen Wissenschaften mächtig anzieht.

Bei der Bearbeitung eines in solcher Weise fertigen Wissensgebietes kann ein Werk entstehen, das für lange Dauer geschaffen ist. Die 10 Jahre, die seit dem Erscheinen der 1. Lieferung vergangen sind, haben sie auch nicht ein wenig veralten lassen; sie steht der 3., jetzt erschienenen vollkommen gleichwertig zur Seite: wir haben ein einheitliches, harmonisches Ganzes. Aber ein solcher Stoff stellt um so größere Anforderungen an den Bearbeiter, nicht bloß an sein Wissen, sondern vor allem an seine Gestaltungskraft. Und darin hat sich *Bütschlis* hervorragende Begabung glänzend bewährt; seine „Vorlesungen“ sind ein Kunstwerk ersten Ranges, ein pädagogisches Meisterwerk.

Es liegt so nahe, das Werk *Bütschlis* mit *Gegenbaur*s berühmter „Vergleichender Anatomie der Wirbeltiere“ zu vergleichen. Der Umfang des Stoffes ist zwar nicht ganz der gleiche; bei *Gegenbaur* nimmt die Betrachtung der Wirbellosen nur einen kleinen Raum ein, während sie bei *Bütschli* gleichberechtigt neben den Wirbeltieren stehen. Sonst aber sind sie nach Anlage, Umfang, Leserkreis sehr ähnlich. Und doch welcher großer Unterschied! *Gegenbaur* steht selbst mitten im noch tobenden Kampf der Meinungen und vertritt wesentlich seine Ansicht und die seiner Schüler; *Bütschli* steht außer und über diesem Kampf, freilich

in einer Zeit, wo dieser ausgetobt hat. *Gegenbaur* verzichtet ungern auf die Menge des Wissenswerten, das er aus der unerschöpflichen Masse der Tatsachen zurückstellen muß im Interesse übersichtlicher Darstellung, und man kann vieles zwischen den Zeilen lesen. Was er noch „hineingeheimnißt“ hat; in der gewaltigen Zusammenfassung riesiger Stoff- und Gedankenmassen ist sein Werk an manchen Stellen dunkel geworden, geradezu ein sibyllinisches Buch. *Bütschli* hat in vorsichtiger Beschränkung überall eine klare, durchsichtige Behandlung des Stoffes erzielt, die nirgends Zweifel an seiner Meinung aufkommen läßt und die das Lesen des Buches zum Genuß macht.

Die Illustrierung beider Werke ist reich. *Gegenbaur* verdanken wir viele Originale, die wegen ihrer trefflichen Auswahl und guten Ausführung in späteren Lehrbüchern oft wiederkehren. Und doch ist das Bildmaterial des *Bütschli*schen Werkes noch weit überlegen. Mit verhältnismäßig wenigen Ausnahmen sind die Vorlagen von dem Meister selbst oder unter seiner Leitung von seinen Schülern gezeichnet; man kann aus dieser Zusammenarbeit einen Schluß ziehen auf die Innigkeit der wissenschaftlichen Fühlung in *Bütschlis* Institut; aber ein Einzelner würde auch nicht die Zeit gefunden haben zu solcher Leistung. Daher einmal die technische Einheitlichkeit in der Ausführung. Aber man merkt auch, daß hier nicht einfach Künstler, sondern kunstbegabte Gelehrte an der Arbeit waren; überall verrät sich das tiefgehende Verständnis, das für jeden Fall die geeignete leichte Schematisierung findet. Ein besonderes Verdienst der Leistung ist es, darauf hingewirkt zu haben, daß die Abbildungen vergleichbarer Objekte gleich orientiert wurden. In *Gegenbaur*s Werk und in vielen anderen, z. B. in *Koellikers* unvergleichlichem Handbuch der Gewebelehre wird das Studium dadurch sehr erschwert, daß man verschieden orientierte Abbildungen miteinander vergleichen muß. So sind bei *Gegenbaur* Seitenansichten von Schädeln oder von Gehirnen teils von links, teils von rechts gesehen gezeichnet (Fig. 191 bis 196, 221 f., 457 f., 462 f. und viele andere), oder Schädel in der Dorsalansicht, mit dem nasalen Ende teils nach oben, teils nach unten orientiert (z. B. Fig. 201 f., 250 f.); bei *Koelliker* bereitet es dem Leser große Schwierigkeiten, daß die Querschnitte des Rückenmarks zum großen Teil mit der ventralen Seite nach oben, die des verlängerten Marks mit der ventralen Seite nach unten gerichtet sind. Solche Störungen sind bei *Bütschli* völlig vermieden und offenbar bewußt und absichtlich vermieden. Das erhöht den Wert des Buches als Lehrbuch wesentlich.

Was den Inhalt des Bandes angeht, so folgt auf eine allgemeine Einleitung und einen systematischen Überblick über das Tierreich die eigentliche vergleichende Anatomie. Die Bearbeitung ist nicht nach Tiergruppen, sondern nach Organsystemen geordnet; doch werden, ihrer Sonderstellung wegen, die Protozoen gesondert besprochen, ein Kapitel, das ja dem Verfasser besonders gut lag. Danach folgt die Betrachtung des Integuments, der Muskulatur, der elektrischen Organe, des Nervensystems, der Sinnesorgane und der Leuchtorgane. Das Kapitel über Sinnesorgane bildet den Höhepunkt der Darstellung; diese Fülle verschieden gebauter Gebilde mit ihren wunderbaren Einrichtungen von einfachster Ausbildung bis zu höchster Vollkommenheit zu verfolgen, ist eine Aufgabe von unendlichem Reiz, die hier glänzend durchgeführt ist. Gerade die Sehorgane sind ja für *Bütschli* selbst und viele seiner Schüler (*Schewiakoff*, *Hilger*, *Merton*, *Schröder*, *Redi-*

korzew, Novikoff, Widmann) Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, so daß mehr noch als an anderen Stellen der Verfasser aus eigenster Anschauung spricht.

Biitschli nennt in dem Rückblick auf sein Lebenswerk, den er uns hinterlassen hat, die Arbeit an der „vergleichenden Anatomie“ eine recht saure. Aber sie hat eine süße Frucht gezeitigt, und wir sind denen seiner Schüler, die ihn zu dieser Bearbeitung gedrängt haben, zu großem Dank verpflichtet. Diese „Vorlesungen“ gehören als integrierender Teil zu dem wissenschaftlichen Bilde des großen Gelehrten; denn sie zeigen seine ganze, umfassende Beherrschung eines gewaltigen Stoffes. Nun sie niedergeschrieben sind, lassen sie einen der vortrefflichsten Lehrer lange über seinen Tod hinaus an der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses wirksam mitarbeiten.

Richard Hesse, Bonn.

Giese, Fritz, Psychologisches Wörterbuch. Teubners Kleine Fachwörterbücher 7. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1921. 170 S. und 60 Abbild. Preis M. 7.—

„Das Buch kann nicht wissenschaftliche Leistung sein. Das liegt auch nicht in seiner Absicht. Es will als Hilfsmittel bei der Einführung in die Psychologie, beim Lesen psychologischer Werke und Zeitschriften dienen. Vor allem will es den mehr und mehr an Zahl zunehmenden psychologischen Praktikern, denen noch vielfach gründlichere Vorbildung auf psychologischem Gebiete fehlt, das Mindestmaß an Kenntnissen bieten und ein unentbehrliches Nachschlagewerk sein“, diese Worte, deren Schluß ich durch Kursivdruck hervorgehoben habe, stehen im Vorwort. Ich gebe einige Proben: „Webersches Gesetz, auch Weber-Fechnerscher Satz, lehrt, daß zu einer ebenmerklichen Unterschiedlichkeit eines Reizes stets derselbe Bruchteil des ursprünglichen zugefügt werden muß, = Beziehung zwischen Anfangs- und Folgereiz.“ Usw. (S. 159/60). Wir werden dabei auf die Stichworte „ebenmerklich“ und „Reiz“ verwiesen. Schlagen wir nach: „Ebenmerkliche Unterschiede, Methode der — a) (Fechner) auf Grund einiger Versuche wird das gewisse ‚Intervall des Zweifels‘ unterschiedslos geklärt und die betr. Empfindung scharf aufgefaßt“ usw. (34) „Reiz von außen oder innen auf die Sinneswerkzeuge einwirkender objektiv gegebener Wert, der nunmehr subjektiv empfunden wird“ (121). Diese Proben kennzeichnen das Niveau des Buches (man vergleiche etwa noch Horopter, Qualität, Intensität [wo als Beispiel Höhe eines Tones angegeben ist, bei Qualität „das hoch, das tief“], Intelligenz, Kinematograph, Galtonpfeife, die bis 170 000 Schwingungen liefert, usw.). Mit solchem Mindestmaß von Kenntnissen und mit diesem unentbehrlichen Nachschlagewerk psychologische Praxis treiben!

K. Koffka, Gießen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der Atomstruktur.

Der Ferien halber komme ich erst jetzt dazu, den interessanten Artikel des Hrn. *K. Fajans* (im 37. Heft vom 16. September) „Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkt der Atomstruktur“ zu lesen; derselbe ist sehr klar und lehrreich. Ich möchte mir aber erlauben, zu bemerken, daß der Autor dabei eine Arbeit von mir: „Molekulartheoretische Betrachtungen über die elektrolitische Dissoziation“ hätte anführen können, da ich der Erste gewesen bin, der die elektrolitische Dissoziation als einen chemischen Vorgang aufgefaßt hat,

wobei die Ionen sich mit einer unbestimmten Anzahl von polarisierten Wassermolekeln umgeben. Die Abhandlung ist im Jahre 1890, im 6. Bande der Zeitschrift für physikalische Chemie erschienen, und möchte ich eine Stelle (S. 404) aus derselben hersetzen, da sie mir besonders mit den Darlegungen des Hrn. *Fajans* übereinzustimmen scheint. Natürlich fehlte damals die bestimmtere Auffassung, da die Arbeit vor dem Erscheinen der Nernstschen Arbeit über den Einfluß der dielektrischen Konstante geschrieben wurde:

„Man kann . . . annehmen, daß beim Zusammenreffen eines Salzteilchens mit mehreren Wasserteilchen die Sauerstoffatome und die Wasserstoffatome der letzteren auf das Kation beziehungsweise auf das Anion der Salz-molekel eine Anziehung ausüben werden, welche schließlich die Trennung der Ionen bewirken wird. Dabei werden die Wassermolekeln nicht zerlegt, sondern umgeben allseits als solche die freien Ionen gleichsam im polarisierten Zustande, insofern als sie dem Metallatom die Sauerstoffseite und dem negativen Radikal die Wasserstoffseite zuwenden. Daß die beiden Ionen nicht sogleich mit dem Wasser in Reaktion treten, verhindern die elektrischen Ladungen, welche sofort bei der Trennung entstehen, indem bekanntlich jedes Ion zum Träger der gleichen aber entgegengesetzt bezeichneten Elektrizitätsmenge wird.“

Später, gelegentlich des Jubelbandes zu Ehren *Arrhenius'*, bin ich nochmals auf diesen Gegenstand zurückgekommen (ebendasselbst 69, 96) und habe meine alte Vermutung im Lichte der damaligen (1909) Ansichten dargestellt.

Bologna, 30. September 1921.

G. Ciamician.

Wenn es auch nicht in meiner Absicht lag, in dem sehr gedrängten, der neuesten Entwicklung des Ionisationsproblems gewidmeten Aufsatz Stellung zur älteren Literatur des Gegenstandes zu nehmen, bedauere ich sehr, die mir entgangenen Ausführungen des Herrn Prof. *Ciamician* nicht erwähnt zu haben. Sie haben mit der von mir zitierten um drei Jahre späteren Arbeit *Werners* (1893) die chemische Auffassung des Ionisationsvorganges gemeinsam; *Werners* Vergleich dieses Vorganges mit Komplexbildung wies zwar den „Ionenhydraten“ in der chemischen Systematik eine bestimmtere Stellung zu, dagegen erinnern die Ausführungen des Herrn *Ciamician* insofern mehr an die heutigen Ansichten, als er den Ionenhydraten keine bestimmte stöchiometrische Zusammensetzung zuschreibt und von „Polarisation“ der Wassermolekeln durch Ionen beider Vorzeichen spricht. Als Grund dieser Polarisation müssen wir heute in erster Linie den von *Debye* erkannten Dipolcharakter der Wassermolekeln ansehen. Der Zusammenhang der zwei „Pole“ mit der „Sauerstoffseite“ und „Wasserstoffseite“ der Wassermolekeln, d. h. die genaue Struktur der letzteren, ist allerdings auch heute noch nicht ganz geklärt.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch folgendes berichtigen. Herr *Wolfgang Ostwald* hat mich freundlichst darauf aufmerksam gemacht, daß von *Freundlich* zwar der allgemeine Ausdruck „lyophil“ (Lösungsmittel-liebend) stammt (1908), das speziellere Wort „hydrophil“ jedoch bereits früher (1905) von *J. Perrin* eingeführt wurde.

München, 28. Oktober 1921.

K. Fajans.

Zur vollkommenen lokalen Adaptation der Netzhaut.

Seit *Hering* nimmt man fast allgemein als physisches Korrelat der Lichtempfindungen Stoffwechselprozesse in der beim Sehvorgange beteiligten nervösen

Substanz an. So wie die ganze lebende Substanz ist diese Sehs substanz durch steten Stoffwechsel, d. h. durch das Ineinandergreifen einer abbaubenden (dissimilatorischen) und einer aufbauenden (assimilatorischen) Phase charakterisiert. Sind die Geschwindigkeiten von Abbau und Aufbau einander gleich, so sprechen wir von Stoffwechselgleichgewicht. Durch den physikalischen Lichtreiz wird die Geschwindigkeit der Dissimilation gesteigert. (Die Frage, ob es primär assimilatorische Erregungen gibt, ist noch nicht entschieden.) Die gesteigerte Dissimilation des Systems ruft ihrerseits nach den Gesetzen der chemischen Kinetik Beschleunigung der Assimilation hervor. Nach *Hering* sind es nun diese Stoffwechselvorgänge selbst, die wir als Licht empfinden. Und zwar entspricht dem Gleichgewichtszustand ein mittleres Grau, das „Eigenlicht“ der Netzhaut, während sich ein Überwiegen der dissimilatorischen über die assimilatorische Phase in der Reihe der tonfreien Farben als stärkere Weißlichkeit, Überwiegen der Assimilation als größere Schwärze gegenüber jenem Mittelgrau kundgibt. Bei den bunten Gegenfarbenpaaren Grün-Rot und Blau-Gelb entspricht nach *Fr. W. Fröhlich* (Grundz. einer Lehre vom Licht u. Farbensinn, Jena 1921) dem Verhalten des Weiß das Grün und Blau. Da nun, wie oben bemerkt wurde, eine Beschleunigung der einen Phase auch Beschleunigung der antagonistischen hervorruft, und zwar um so stärker, je weiter sie sich schon von dem ursprünglichen Gleichgewichtspunkt entfernt hat, strebt das System einem neuen Gleichgewichtszustand der beiden Phasen zu, der sich uns, wenn er erreicht wird, der Theorie nach wieder als das mittelgraue Eigenlicht der Netzhaut kundtun muß; dann ist mit dem Aufhören des Überwiegens der Dissimilation die durch den Reiz gesetzte Änderung der Lichtempfindung trotz Bestehenbleibens des physikalischen Reizes rückgängig gemacht: das Objekt, von dem der Lichtreiz ausgeht, verschwindet.

Diese Erscheinung der „totalen Adaptation“ müssen wir beobachten können, wenn es uns gelingt, eine Netzhautstelle die zu der Adaptation nötige Zeit hindurch unter konstant gleichem Lichtreiz zu erhalten. Beim gewöhnlichen Sehen fällt infolge der stets vorhandenen sehr raschen willkürlichen und unwillkürlichen Augenbewegungen der Lichtreiz in jedem Augenblick auf andere Netzhautstellen, die Vorbedingung für Zustandekommen totaler Adaptation ist also nicht erfüllt. Anders aber, wenn wir ein Objekt fixieren. Dabei wird das vom fixierten Punkte (nach *Stöhr* besser: vom unser Auge fixierenden Punkte!) ausgehende Lichtreiz auf eine nicht zentral gelegene Stelle der Retina von dieser durch eine motorische Reaktion beantwortet, und zwar in dem Sinne, daß eine Verschiebung der fovea centralis gegen das Punktbild hin bewirkt wird (*Stöhr*, Psychologie, Wien u. Leipzig, 1917). Die Bewegung wird nun infolge der erhaltenen Geschwindigkeit etwas über diesen Punkt hinausgehen, in eine gegensinnige umschlagen, usf.; es wird ein Oszillieren des Zentrums der Fovea um den Bildpunkt stattfinden. Aufgehoben sind diese unbewußten Augenbewegungen nie, aber beim Fixieren auf ein Minimum eingeschränkt.

Hering (Grundz. d. Lehre vom Lichtsinn, 4. Liefg., 1920) konnte nun durch Fixieren eines Punktes den unscharfen Schatten eines Stiftes auf der hellen Tischfläche tatsächlich zum Verschwinden bringen. Obwohl hier bei den nicht auszuschließenden, wenn auch minimalen Augenbewegungen das Netzhautbild nicht an derselben Stelle bleiben kann, so sind doch infolge des bei der Unschärfe der Schattenkonturen stetigen Überganges von Hell zu Dunkel die aufeinanderfolgenden

Beleuchtungsänderungen an einer und derselben Netzhautstelle zu gering, um bemerkbar zu werden. Scharf umrissene Bilder mit diskontinuierlichen Helligkeitsänderungen lassen sich aber bei dieser Fixationsweise nicht zum Verschwinden bringen. *Hering* sagt selbst (a. a. O., S. 266): „Auch scharf umrissene Teile des Gesichtsfeldes, z. B. einen scharf umgrenzten Schatten auf hellem Grunde oder einen ebensolchen hellen Streifen auf minder hellem Grunde würde man auf die beschriebene Weise zum Verschwinden bringen können, wenn sich jede, wenn auch nur minimale Blickschwankung beim Fixieren vermeiden ließe. Dies ist jedoch selbst dem Geübtesten um so weniger möglich, je länger das Fixieren schon gedauert hat.“

Ich habe nun gefunden, daß sich die unbewußten Augenbewegungen, wenn schon nicht ausschließen, doch auf eine vorgegebene Richtung beschränken lassen, wenn man vom punktuellen zum linearen Fixieren übergeht. Während der Blick von einem Fixationspunkt nach allen Richtungen abirrt, laufen beim Fixieren einer Geraden die unwillkürlichen Blickbewegungen bloß in der Richtung dieser Geraden ab. Für das Gelingen des Adaptationsversuchs besonders günstig ist dann ein parallel zur Geraden bewegter Hintergrund. Bei solchen vorteilhaften Fixationsbedingungen verschwindet jeder zur fixierten Geraden parallele homogene Streifen trotz scharfer Konturen auch bei starken Unterschieden der Beleuchtung nach wenigen Sekunden vollständig. Die Bedingung, daß die Netzhautstellen stets unter konstant gleichem Reiz bleiben, ist ja jetzt erfüllt, da sich das Netzhautbild nur in sich selbst verschieben kann.

Mit zunehmender Annäherung von der Peripherie des Auges gegen die fovea centralis nimmt die Erregbarkeit der Netzhaut ab und ist an der Stelle des schärfsten Sehens am geringsten. Damit hängt auch geringere und langsamere Adaptation der Retina in der Fovea zusammen, so daß es erklärlich wird, warum die fixierte Gerade selbst, obwohl ja auch ihr Netzhautbild sich nur in sich selbst verschiebt, zwar eine starke Abschwächung zeigt, aber in der kurzen Adaptationszeit weiter peripher gesehener Bilder doch nicht zum vollständigen Verschwinden gebracht werden kann. Ich konnte schließlich bei einem Abstand der beiden Parallelen von etwa 6 Bogengraden und weniger auch an der indirekt gesehenen Geraden totale Adaptation nicht mehr beobachten; es fallen dann eben beide schon in den schwächer erregbaren Bereich.

Am schönsten und leichtesten gelingt der Adaptationsversuch bei Beobachtung der Schienen des Nachbargleises während einer Eisenbahnfahrt. Fixiert man den einen der beiden hellglänzenden Schienenstränge, so können nach dem Obigen die unwillkürlichen Augenbewegungen jetzt nur in der Fixationsrichtung ablaufen und tatsächlich ist nach wenig Sekunden die indirekt gesehene andere Schiene vollständig verschwunden, obwohl das durch beiderseits von ihr wachsendes Gras erzeugte grüne Streifenbündel, ebenso das Streifenbild des beiderseits liegenden Bodens weiterhin genau so deutlich sichtbar bleibt wie vorher. (Ohne Zusammenhang mit der hier besprochenen Erscheinung ist bemerkenswert, daß die fixierte Schiene in der Luft über dem Boden zu hängen scheint, wohl weil wir durch die Erfahrung geleitet, daß verschieden scharf gesehene Objekte von uns verschieden weit abstehen, den als das bekannte Streifenbild unscharf gesehenen Boden für weiter hinter der scharf gesehenen Schiene liegend interpretieren.)

Weniger gut und dann nur auf kurze Zeit gelingt das Experiment, wenn man es mit zwei in einer Ver-

tikalebene horizontal gespannten Stricken gegen ein förmigen ruhenden Hintergrund anstellt. In diesem Fall kann man aber das Verschwinden von Dunkel auf Hell erzielen, wenn auch langsamer und schwerer als das von Hell auf Dunkel. Vor allem läßt sich aber in diesem letzteren Versuch nachweisen, daß die unwillkürlichen Augenbewegungen tatsächlich durch Vorlage einer bevorzugten Richtung in diese gebannt werden. Befestigt man nämlich in der Ebene der horizontalen Stricke einen dritten vertikal, so daß er sie also rechtwinklig schneidet, und fixiert jetzt den einen der beiden horizontalen, so wird er wieder bedeutend lichtschwächer, der andere verschwindet ganz und nur der vertikale bleibt unverändert in voller Lichtstärke erhalten. Es findet nämlich durch die nun zwangsläufig horizontale Bewegung der Augen, die eine Totaladaptation aller horizontalen Geraden zuläßt, ein stetes oszillierendes Verschieben des Netzhautbildes der Vertikalen senkrecht zu ihrer Verlaufsrichtung statt, so daß es bei ihr auch nicht zu der geringsten Adaptation kommen kann.

Wien, den 27. Oktober 1921.

Paul Weiss.

Relativistische Auffassung des Dubletts.

Es sei mir gestattet, die Resultate einer Arbeit anzugeben, die in den „Archives Néerlandaises des Sciences ex. et nat.“ erscheinen soll.

Wegen der Übereinstimmung des Li-Dubletts mit dem H-Dublett kann man sich die Frage vorlegen, ob nicht beide dieselbe Ursache haben. Wegen der Analogie zwischen Li-Dublett, den Dubletts der anderen Alkalien und den Feinstrukturen in den andern Spektren müßten dann aber alle dieselbe Ursache haben wie das H-Dublett und also relativistischen Ursprungs sein. Ich habe versucht, diese Meinung eingehender an dem vorliegenden empirischen Material zu prüfen, obwohl diese Auffassung natürlich eine Veränderung in der Sommerfeld-Bohrschen Deutung der verschiedenen Serien (durch wachsende azimutale Quantenzahlen) erfordert.

Sommerfeld hat seine theoretische Dublettformel angewandt auf die Röntgendubletts und hieraus die „Abschirmungszahl“ z berechnet. Diese Zahl ist nicht eine wirkliche Abschirmung des Kernes durch die Elektronen, sondern nur eine Rechengröße, welche von dieser Abschirmung in irgendwelcher Weise abhängen wird, denn bei einem komplizierten Atom wird die wahre Abschirmung in jedem Punkt der Elektronenbahn einen anderen Wert haben, besonders auch bei einer Ellipse. Sommerfeld konnte also nichts vorher sagen über die zu erwartende Größe von z , wohl konnte er erwarten, daß z für alle Elemente gleich groß sein würde, da angenommen wird, daß die inneren Elektronenringe bei allen Elementen gleich gebaut sind.

Ich habe nun dieselbe Formel benutzt bei den 2- p -Dubletts und auch hier die „Abschirmungszahlen“ z berechnet. Die Zahlen für die verschiedenen Elemente habe ich untereinander verglichen und gesehen, daß sie alle erwarteten Eigenschaften der Abschirmungszahlen besaßen. Bei den Triplets zeigte es sich, daß man die totale Tripletaufspaltung als Dublett-Abstand betrachten muß.

Wenn wir von oben nach unten in den Gruppen des periodischen Systems fortschreiten, nimmt die „Abschirmungszahl“ um denselben Betrag zu, während auch die Elektronenanzahl und -anordnung sich in der gleichen Weise ändert. Merkwürdig ist auch der Vergleich zwischen Bogen- und Funkspektren. Bis in Einzelheiten befriedigen die Zahlen die Erwartungen.

So zeigt es sich u. a., daß die Anordnung der äußersten Elektronen in der rechten Hälfte des periodischen Systems ganz anders ist als in der linken, was in Übereinstimmung ist mit Diskontinuitäten in der Atomvoluminakurve und mit den letzten Ansichten von Bohr.

Die oben aus den Dubletts berechneten „Abschirmungszahlen“ bewähren sich nun noch in einer anderen Richtung. Kernladung Z minus „Abschirmungszahl“ z nennt Sommerfeld „effektive Kernladung“ Z_{eff} . Ordnet man die 2- p -Terme nach ihren Größen, so stellen sich die zugehörigen Elemente ganz regellos durcheinander, teilt man aber diese Terme erst durch das Quadrat der „effektiven Kernladung“, so stellen die Elemente sich von Li an in der Reihenfolge ihrer Atomnummern. Gezeichnet als Funktion dieser Atomnummern oder Kernladungen zeigen diese Quotienten eine ziemlich glatte hyperbelähnliche Kurve, welche ungefähr der Formel genügt:

$$(2p) = \frac{R}{2^2} \cdot \frac{Z_{\text{eff}}^2}{Z - c}$$

worin R = Rydbergkonstante und c = ungefähr 3,50.

Die hier skizzierte relativistische Auffassung der Dubletts ist natürlich nicht in Übereinstimmung mit der Sommerfeld-Bohrschen Deutung der Serien. Denn nach der hier skizzierten Auffassung gehören die Komponenten eines bestimmten p -Termes zu Bahnen mit verschiedenen az. Quantenzahlen, während ja bei Sommerfeld-Bohr die verschiedenen Werte der az. Quantenzahl schon für die Deutung der verschiedenen Serien vergriffen sind. Man sieht: Falls unsere Auffassung sich weiterhin als fruchtbar erweisen sollte, so müßten die verschiedenen Serien durch Variation einer dritten Quantenzahl gedeutet werden. Ich möchte dabei die Frage noch offen lassen, ob dies z. B. möglich ist durch Einführung von „inneren“ oder „Grundquantenzahlen“ oder durch verschiedene Zerlegungen in Breite- und äquatoriale Quantenzahlen. Erstere sind von Sommerfeld, letztere von Smekal zur Erklärung der Röntgenfeinstruktur verwendet worden.

Leiden, 31. Oktober 1921.

S. Goudsmit.

Neuere Arbeiten über Absorption und Streuung der Röntgenstrahlung.

Im Jahre 1917 hatten Barkla und White¹⁾ bei Ionisationsmessungen der Durchlässigkeit von Aluminium unter Verwendung spektral zerlegter Röntgenstrahlen bei der Wellenlänge 0,35 Angström einen Anstieg des Absorptionskoeffizienten beobachtet und daraus geschlossen, daß hier eine selektive Absorptionsstelle vorliege und davon herrühre, daß in dem fraglichen Gebiet eine Aussendung von Eigenstrahlung stattfindet. Da die Serien von bekannten Röntgenspektrallinien in der Reihenfolge der Zunahme der Wellenlängen mit K , L , M bezeichnet werden, so würde das Auftreten einer neuen Gruppe von Spektrallinien in dem fraglichen Gebiet als Beweis für die Existenz einer J -Serie gelten müssen. Die Frage nach der Existenz einer J -Serie ist für die Atomtheorie von großer Bedeutung; nach den herrschenden Anschauungen entspricht der Uebergang eines Elektrons von der innersten Schale des Atoms zu der zweitinnersten der Aussendung einer Spektrallinie der K -Serie. Wenn eine J -Serie vorhanden ist, so müßte unter Beibehaltung der Vorstellungen über die Emission das Elektron vom Kern aus zu einem äußeren Ring übergehen, eine aus anderen Gründen sehr un-

¹⁾ Phil. Mag. 34, 270, 1917.

wahrscheinliche Annahme. Alle Versuche, spektroskopisch die *J*-Serie zu fassen, sind erfolglos geblieben, und neuerdings sind nun die Barklaschen-Ergebnisse direkt widerlegt worden mit Hilfe der von ihm benutzten Methode der Absorptionsmessung. *Richtmeyer* und *Grant*²⁾ kommen bei ihrer sorgfältigen Untersuchung des Absorptionsverhaltens des Aluminiums zu dem Schluß, daß in dem Wellenlängengebiet zwischen 0,08 und 0,48 Angström keine Diskontinuität besteht, die mehr als 1 % betragen könnte. Damit ist die Frage der Existenz der *J*-Serie in einer für die Theorie des Atombaus befriedigenden Weise endgültig entschieden: die kurzwelligste Röntgenserie bleibt nach wie vor die *K*-Serie.

In einer weiteren Arbeit gibt *Richtmeyer*³⁾ genaue Werte für die Durchlässigkeit von Kupfer, Molybdän, Silber und Blei. Eine prinzipielle Schwierigkeit bei allen Messungen von Absorptionskoeffizienten liegt darin, daß im kurzwelligen Spektrum von dem jeweils gemessenen Wert („Schwächungskoeffizient“) der Streukoeffizient in Abzug zu bringen ist. Leider ist aber das Material über Zahlenwerte des Streukoeffizienten zur Zeit noch sehr dürftig, so daß die Arbeit von *Richtmeyer* tatsächlich neue Zahlenwerte für den „Schwächungskoeffizienten“, aber nicht für den „Absorptionskoeffizienten“ enthält. Dasselbe gilt von einer Arbeit von *Heulett*⁴⁾, welche sich vorwiegend mit den leichtatomigen Elementen (Li, C, N, O, Al) befaßt und wertvolles Zahlenmaterial in dem großen Wellenlängengebiet von 0,1 bis 1,0 Angström enthält.

Von *Debye*⁵⁾ ist zuerst darauf hingewiesen worden, daß auch bei regelloser Anordnung der Atome die räumliche Verteilung der von einem Körper zerstreuten Strahlung Maxima und Minima aufweisen muß, weil die regelmäßige Anordnung der Elektronen im Atom Anlaß zur Entstehung von Interferenzen gibt. Diese Möglichkeit einer bestimmten Verteilungskurve der Streuung eines Körpers eine bestimmte Anordnung der Elektronen im Atom zuzuordnen, haben *Glocker* und *Kaupp*⁶⁾ benützt, um für Kohlenstoff und Aluminium unter Annahme einiger besonders wahrscheinlicher Atommodelle die zu erwartende Änderung der Streuung mit dem Streuwinkel zu berechnen und mit den vorliegenden Messungen zu vergleichen. Ein besonders bemerkenswertes Resultat ist hierbei, daß der räumliche Mittelwert der Streuung mit wachsender Wellenlänge zunimmt, während er nach früheren Messungen von *Burkila* für leichte Stoffe eine von der Wellenlänge unabhängige Konstante sein soll. Da aber bei diesen Messungen die Besonderheit der Abhängigkeit der Streuung vom Streuwinkel nicht berücksichtigt, sondern der einfache Thomsonsche Ansatz zu Grunde gelegt ist, erscheinen neue Messungen dringend erwünscht. In einer weiteren Arbeit konnte von *Glocker*⁶⁾ gezeigt werden, daß beim Kohlenstoffatom das Resultat der Streuberechnung keine wesentlichen Abänderungen erfährt, wenn die 4 äußeren Elektronen anstatt auf einem Kreisring (nach *Bohr*), räumlich als Eckpunkte eines Tetraeders (nach *Landé*) angeordnet werden, so daß sich aus Streustrahlenmessungen in dieser Hinsicht keine Entscheidung gewinnen läßt. Dagegen bietet die Beobachtung der Wellenlängenabhängigkeit des räumlichen Mittelwertes der Streuung des Kohlenstoffatoms eine Möglichkeit,

unabhängig von jeder speziellen Annahme über die Anordnung der 4 äußeren Elektronen festzustellen, ob der äußeren Schale die Quantenzahl 1 oder 2 zuzuordnen ist. Die vorliegenden Messungen sprechen zu Gunsten der Zahl 2: Da der Atomradius dem Quadrat der Quantenzahl proportional ist, wäre demnach das Kohlenstoffatom größer als bisher angenommen wurde.

Diese Erweiterung der Debyeschen Theorie auf Atome, die aus mehreren Ringen oder aus räumlichen Gruppierungen von Elektronen bestehen, hat neuerdings im Falle des Natriums und Chlorions zu überraschend guter Übereinstimmung mit der experimentellen Beobachtung geführt. *W. L. Bragg*, *James* und *Bosanquet*⁷⁾ haben aus Messungen der an den verschiedenen Netzebenen eines Steinsalzkrystalles reflektierten Intensität die Winkelabhängigkeit der atomaren Streuung von Natrium und Chlor bestimmt. Da beide Atome in dem Gitter elektrisch geladen (als Ionen) vorkommen, handelt es sich um ein Atom von 10 bzw. 18 Elektronen, deren wahrscheinlichste Anordnung

innerste	Schale	2 Elektronen	
zweitinnerste	„	8	„
äußere	„	8	„ lautet.

Die Berechnungen von *Glocker*⁸⁾ ergeben beim Natrium eine vorzügliche Übereinstimmung mit den Messungen und zwar besonders dann, wenn die äußeren Elektronen räumlich in würfelförmiger Anordnung angenommen werden. Beim Chlor ist die Übereinstimmung etwas weniger gut. Die beobachtete, zunächst auffallend erscheinende Tatsache, daß der Abfall der Streukurve beim Chlor trotz seiner größeren Elektronenzahl langsamer erfolgt als beim Natrium, wird von den theoretischen Kurven ebenfalls gut wiedergegeben.

Soweit das vorliegende, nicht gerade reichliche Material an Streustrahlenmessungen ein Urteil gestattet, führt somit die Debyesche Streutheorie im Verein mit der herrschenden Anschauung vom Atombau im Falle des Kohlenstoff, Natrium und Chlor zu experimentell bestätigten Resultaten. Dagegen versagt diese Theorie sicher im Gebiet der ganz kurzen Wellen, weil der Massenstreuungskoeffizient der leichten Stoffe beträchtlich kleiner ist als der kleinstmögliche theoretische Wert 0,2.

Ein Problem von größter medizinisch-technischer Bedeutung ist die Frage nach der an den verschiedenen Stellen im Inneren eines absorbierenden Körpers vorhandenen Strahlungsintensität. Bei der therapeutischen Bestrahlung des menschlichen Körpers erhält ein Volumelement in einer bestimmten Tiefenlage des Körpers nicht bloß die von oben direkt eintreffende Strahlungsintensität, sondern auch noch Streustrahlungen, welche von benachbarten mitbestrahlten Volumelementen ausgehen. Dieser letztere Beitrag kann das 3- bis 4fache der direkten Strahlungsintensität ausmachen. Da der menschliche Körper gleiche Verhältnisse in dieser Hinsicht bietet wie das Wasser, wird das letztere als Versuchsmedium gewählt. Die relativen Intensitätsmessungen werden entweder mit einer Ionisationskammer (mit bleiarmierter Zuteilung) oder mit photographischen Films ausgeführt. Die erstere Methode verwenden *Friedrich* und *Körner*⁹⁾, die letztere *Dessauer* und *Vierheller*¹⁰⁾. Außer der Abhängigkeit von bestrahltem Querschnitt, Fokusedistanz, Strahlungshärte, wird vor allem auch untersucht, wie groß

¹⁾ Phys. Rev. 17, 284, 1921.

²⁾ Phys. Rev. 15, 547, 1920.

³⁾ Phys. Rev. 17, 264, 1921.

⁴⁾ Anal. d. Physik, 46, 809, 1915.

⁵⁾ Annal. d. Physik, 64, 541, 1921.

⁶⁾ Zeitschr. für Physik Bd. 5, Heft 1, 1921.

⁷⁾ Phil. Mag. 41, 309, 1921.

⁸⁾ Zeitschr. f. Physik, Bd. 5, H. 2, 1921.

⁹⁾ Strahlentherapie 11, 970, 1920.

¹⁰⁾ Zeitschr. f. Physik, 4, 131, 1921. Strahlentherapie 12, 1, 1921.

die Intensität an denjenigen Stellen ist, welche keine direkte Strahlung, sondern nur Streustrahlung erhalten. Dies ist für die medizinischen Anwendungen wichtig, weil bei gewissen krankhaften Veränderungen die Verabreichung kleiner Röntgenstrahlenenergien statt zerstörend wachstumsfördernd wirkt (Reizdosen).

Sobald für einen Stoff die Winkelabhängigkeit der Streuung bekannt ist, läßt sich die Frage nach der Energieverteilung in der Tiefe des Körpers auch mathematisch lösen. Unter Benützung der aus der Atomstruktur sich ergebenden Streukurve hat *Glocker*¹¹⁾ die unter Berücksichtigung des Absorptionsverlustes von Primär- und Streustrahlung in ein Volument insgesamt gelangende Streustrahlung berechnet. Die theoretische Kurve für die Abnahme der Intensität mit der Tiefe stimmt der Form nach gut überein mit den Messungen von *Friedrich* und *Körner*, während dem absoluten Betrag nach die theoretischen Werte der Streuzusatzdosis im Maximalfall etwa $\frac{1}{2}$ der gemessenen betragen. Gerade umgekehrt ist es bei einem Vergleich mit den Messungen von *Dessauer* und *Vierheller* (Übereinstimmung der Größenordnung, Verschiedenheit der Form der Kurven). Da die mit verschiedenen Methoden angestellten Messungen nicht genau übereinstimmen, liegt die Vermutung nahe, daß sich bei der einen oder anderen Methode (oder bei beiden) charakteristische Einflüsse der Meßanordnung geltend machen. Da mit zunehmender Tiefe ein immer größer werdender Bruchteil der gesamten Wirkung auf das Meßgerät von den schief einfallenden Streustrahlen herrührt, ist es eine unerläßliche Voraussetzung, daß das Meßgerät so gebaut ist, daß Strahlen beliebiger Richtung, aber gleicher Intensität, gleiche Wirkung ausüben.

Daß bei den in der Röntgentechnik benützten Ionisationskammern mit Schlauch ein solcher Richtungseffekt vorkommt, wurde von *Glocker*¹²⁾ nachgewiesen. Da aber die von *Friedrich* und *Körner* benützte Kammer bei eingehender Prüfung¹³⁾ keinen Richtungseffekt zeigte, bleibt die Diskrepanz zwischen Berechnung und Messung zunächst ungeklärt.

Die Berücksichtigung des Streueffektes spielt in der medizinischen Bestrahlungstechnik eine wichtige Rolle. Wenn es sich darum handelt, einem tiefliegenden Krankheitsherd in möglichst kurzer Zeit eine möglichst große Dosis zu erteilen, ohne der Haut mehr als die ihr ohne Schaden erteilbare Dosis zu verabfolgen, so bedient man sich mit Vorteil eines großen Bestrahlungsfeldes (Strahlungsquerschnitt auf der Oberfläche des Körpers etwa 20×20 cm), weil hier infolge des mit der Tiefe stark zunehmenden Streubeitrages das Verhältnis des Tiefen- zur Oberflächen-dosis etwa 5mal günstiger ist als bei einer Verwendung ganz enger Strahlenkegel.

Eine praktische Ausnützung der Streustrahlung zur Abkürzung der Bestrahlungszeit bedeutet der Strahlensammler von *Chaoul*¹⁴⁾. Zwischen die Röntgenröhre und den zu bestrahlenden Körperteil wird ein aus Paraffin bestehender Körper besonderer Gestalt eingeschaltet, welcher einen Teil der seitlich aus der Röhre austretenden und bisher unausgenützten

Strahlen durch Streuwirkung in andere Richtung, auf den Patienten hin, lenkt. Die Abkürzung der Bestrahlungszeit beträgt etwa 40%. Einen Strahlensammler von etwas anderer Konstruktion haben *Jäckel* und *Sippel*¹⁵⁾ angegeben. Als streuendes Medium dient ein Wasserkasten mit einer zentralen Aussparung, welche seitlich mit Bleiblech bekleidet ist. Durch diese Maßnahme soll erreicht werden, daß die Streustrahlung nur die Tiefendosis und nicht die Oberflächendosis erhöht.

Zusammenfassend läßt sich sagen, und der letzte Röntgenkongreß hat dies aufs deutlichste gezeigt: die moderne Tiefentherapie steht unter dem Zeichen der Streustrahlung!

Für eine erfolgreiche röntgentherapeutische Beeinflussung tiefliegender Organe und Prozesse ist eine genaue Kenntnis der an den verschiedenen Stellen im Inneren des Körpers vorhandenen Strahlungsenergie erforderlich. Es bedeutet daher für den praktischen Röntgenbetrieb eine wesentliche Erleichterung, die Zahlenwerte der Dosis in Abhängigkeit von den verschiedenen Faktoren (Fokaldistanz, Feldgröße, Härte der Strahlung) tabellarisch zusammengestellt benützen zu können. Außer 44 übersichtlich angeordneten Tabellen enthält das Büchlein *Dosierungstabellen für die Röntgentherapie* (F. Voltz, München, 94 S., 1921) als Einleitung eine kurze und klare Übersicht über die Ausbreitungsgesetze der Röntgenstrahlen und die Grundbegriffe der Dosimetrie.

R. Glocker, Stuttgart.

Astronomische Mitteilungen.

Im Jahrgang 1920, Heft 27 dieser Zeitschrift hat *H. Ludendorff* auf die beiden ersten Hefte der neuen Serie einer *skandinavischen populären astronomischen Zeitschrift* als ein vielversprechendes Beginnen hingewiesen. Die seither erschienenen Hefte haben die Erwartungen voll und erfüllt. Man kann wohl die *Nordisk Astronomisk Tidsskrift* als eine mustergültig geführte populäre Zeitschrift bezeichnen. Neben ausführlichen, leichtfaßlichen Referaten über neue wichtige Erscheinungen der Literatur kommen die bedeutendsten Astronomen Skandinaviens selbst zu Wort und berichten über ihre eigenen Untersuchungen. Durch diese persönliche Note kommt ein frischer Zug in das Ganze, der Laie gewinnt einen reizvollen Einblick in die Werkstatt des Forschers, und auch dem Fachmanne werden gar manche neue Aufklärungen gegeben.

Ein glücklicher Gedanke war es, den Lesern die Fundamentalbegriffe der modernen Stellarastronomie zu vermitteln. *E. Strömberg* hat dies unternommen. Er verfügt über die seltene Gabe — wie sie seinerzeit auch *Schwarzschild* besessen hat —, selbst schwierige Probleme in klarer, einfacher und anregender Form populär darstellen zu können. Der ungemein fesselnde Aufsatz ist auch in schwedischer Sprache in dem Büchlein *Astronomiska Miniatyurer* erschienen (siehe Referat *Guthnick* 1921, Heft 16). Es ist zu begrüßen, daß von *Bottlinger* eine deutsche Ausgabe dieser Sammlung vorbereitet wird, auf die, nach Erscheinen in diesen Blättern noch hingewiesen werden soll. — Ein Autoreferat von *Hertzprung* berichtet über seine Untersuchungen über die Bewegung der Magellanschen Wolke (siehe Ref. *Kopff* 1921, Heft 10), an einer anderen Stelle gibt *Hertzprung* eine Tabelle zur Bestimmung der Gesamthelligkeit eines Doppelsternes aus

¹¹⁾ Phys. Zeitschr. 22, 200, 1921.

¹²⁾ Münch. Med. Woch. Nr. 6, 177, 1921.

¹³⁾ Freundliche briefliche Mitteilung von Herrn Prof. *Friedrich*: bei den handelsüblichen Kammern rührt der Richtungseffekt von fehlerhafter Konstruktion her (Auftreten schädlicher ionisierbarer Räume im Schlauchansatz).

¹⁴⁾ Münch. Med. Woch. Nr. 12, 1921.

¹⁵⁾ Münch. Med. Woch. Nr. 20, 1921.

der Größe der beiden Komponenten. — Wir finden einen Bericht über die Michelsonsche Interferenzmethode (siehe v. d. Pahlen 1921 Heft 31) von Strömberg, dem bekannten schwedischen Astronomen auf dem Mt.-Wilson-Observatorium; Frl. Vinter Hansen berichtet über die interessanten Untersuchungen Wilsons zur Temperatur- und Durchmesserbestimmung der Fixsterne (siehe Ref. Hopmann 1921 Heft 37). —

Erfreulicherweise hat sich auch ein deutscher Astronom unter die Mitarbeiter der skandinavischen Zeitschrift gesellt: Bottlinger bespricht verschiedene Anschauungen über das δ -Cephei-Problem und tritt dann für die Pulsationstheorie ein. Er denkt sich die Kraft, welche die erzwungenen Schwingungen verursacht, im Inneren des Sternes und deutet die beobachteten Phänomene aus dem Prinzip der Wechselwirkung zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabstrahlung. Es erzeuge nämlich der Atomzerfall unter starkem Druck im Inneren des Sternes Wärme, unterbreche so die Zusammenziehung und verursache neue Ausdehnung des Körpers. Mit Aufhören der Wärmebildung beginne wieder Zusammenziehung, und dies gehe so fort, bis die Umbildung aller labilen Atome erfolgt sei und damit das δ -Cephei-Stadium zum Abschluß käme. Dieser Theorie gegenüber wäre zu bemerken, daß die Forschungen Guthnicks, die hier nicht besprochen wurden, für eine andere Deutung des Problems, nämlich für die Doppelsternnatur der Cepheiden, bereits ein gewichtiges Material zutage gefördert haben.

In einem ausführlichen Aufsatz bespricht Lundmark die neuen Untersuchungen Lindblads über den Zusammenhang zwischen Farbe und absoluter Größe der Fixsterne (Uppsala Universitets Arsskrift 1920). Neben der phot. effektiven Wellenlänge, die von Hertzsprung und Bergstrand zur Anwendung gebracht wurde, hat Lindblad auch die sog. minimalen Wellenlängen als Farbenäquivalent in Betracht gezogen. Ist der Abstand der Schwerpunkte der Bilder des ersten Spektrums eines Sternes, das durch ein Objektivgitter erzeugt wird, die effektive Wellenlänge, so findet man die minimale Wellenlänge aus der Distanz der beiden violetten Enden des ersten Spektrums. Es zeigte sich nun, daß insbesondere die minimalen Wellenlängen für Sterne derselben Spektralklasse — und da wieder am deutlichsten bei K- und M-Sternen — verschiedene Werte ergaben, die auf das Riesen- oder Zwergstadium der betreffenden Gestirne schließen ließen und mithin auch eine Schätzung der absoluten Größe ermöglichen. Nach einer Berechnung Lundmarks beträgt der m. Fehler einer Wellenlängenbestimmung Lindblads 1,6 μ . Lindblad hat ein Stück der Milchstraße im Cepheus nach seiner Methode untersucht. Aus den hellsten Riesen dieser Sternwolke, die Lindblad maß, kam er auf Grund der gefundenen absoluten Größen zu einer Entfernungsschätzung dieses Teiles der Milchstraße von 4700 Lichtjahren. Nach einer anderen Stelle der Milchstraße, zu dem Sternhaufen M. 37, hat kürzlich v. Zeipel (Jubiläumsnummer der A. N.) auf anderem Wege dieselbe Entfernung von 4720 Lichtjahren gefunden.

Furuhjelm bespricht die Arbeiten der internationalen Himmelskarte, welche die allgemeine Karte der Sterne bis zur 14. Größe und das Katalogwerk der Sterne bis zur 11. Größe umfassen soll. Die Arbeiten sind nicht so weit gediehen, wie zu wünschen wäre, insbesondere gibt das Material infolge der großen Zeit-

spanne, die zwischen den einzelnen Aufnahmen liegt, nicht mehr ein vergleichbares Bild aus einer Epoche. Furuhjelm beklagt lebhaft, daß auch die Katalogarbeit von den 18 verschiedenen Sternwarten gar nicht einheitlich durchgeführt wird. Viele Zonen enthalten nur die rechtwinkligen Koordinaten, und da zählen wieder die Franzosen vom Zentrum der Platte, die Engländer hingegen von den Ecken aus und nach anderen Einheiten. Benützt man einen solchen Katalog, so bedarf es noch langwieriger Rechnungen. Furuhjelm hält es für das einzig Richtige, wie es z. B. auch Catania, Helsingfors und Potsdam getan haben, die Positionen in sphärischen Koordinaten zu geben und so ganze Arbeit zu machen. Den Einwand, daß zum Studium der Eigenbewegungen ja die Platten selbst genügen, widerlegt Furuhjelm mit dem naheliegenden Argument, daß dann nur einem Observatorium Arbeitsmöglichkeit gegeben wird und auch Gefahr besteht, daß die Platte zugrunde gehen kann. Nur vollständige Durchführung des Kataloges sei anzustreben und so genau als mögliche Berechnung der Sternpositionen, wie es Helsingfors durchführt, so mühsam und undankbar es auch erscheinen möge. Wenn auch das Werk für die Gegenwartsastronomie noch kaum fruchtbringend war, so müsse man eben an die Zukunft denken und der Stellarastronomie späterer Zeiten ein brauchbares, exaktes und wertvolles Material übergeben.¹⁾

Es sei noch auf einen anregenden Aufsatz von Odencrants hingewiesen, der das Thema „Was soll der Astronom über die Theorie der Photographie wissen?“ behandelt. Der Verfasser betont die Bedeutung der vielfach noch unterschätzten Entwicklungsmethode zur Erzielung der besten Resultate bei kürzester Wahl der Belichtungszeit. Nach Definition der Begriffe Schwärzung, Schwellenwert, Solarisation bespricht Odencrants die astronomische Bedeutung des Grundsatzes, daß stärkere Schwärzung erzielt wird durch kurze Einwirkung einer hellen Lichtquelle als durch lange Einwirkung einer schwächeren. Je länger die Expositionszeit, um so schlechter nimmt die Platte eine gewisse Lichtmenge auf. Die Schwarzschildsche Konstante ist nach Odencrants' Untersuchungen nicht nur vom Plattenmaterial, sondern auch von der Temperatur des Entwicklers und von der Entwicklungszeit abhängig. Wählt man dies alles richtig, so erhält man einen erheblichen Gewinn an Größenklassen, als durch eine verlängerte Expositionszeit. Odencrants bespricht seine Untersuchungen zur Bestimmung der Farbenempfindlichkeit verschiedener Plattensorten. Nach Experimenten, die Odencrants ausgeführt hat, glaubt er der theoretischen Ansicht beipflichten zu können, daß die Schwärzungskurven für verschiedene Farben gleich sind.

Die hier gebrachten Hinweise lassen erkennen, daß die Bedeutung der *Nordisk Astronomisk Tidsskrift* weit über die einer populären Zeitschrift hinausgeht, und es ist, wie Ludendorff seinerzeit erwähnt hat, nur auf das tiefste zu bedauern, daß die skandinavischen Sprachen, in der die Aufsätze verfaßt sind, eine Verbreitung dieser Zeitschrift in deutschen Landen erschweren. W. E. Bernheimer, Wien.

¹⁾ Gegenwärtig berät eine Kommission die Frage einer völligen Neubearbeitung des großen Unternehmens, worüber 1923 gelegentlich der nächsten Versammlung der Astronomischen Gesellschaft die Entscheidung fallen soll (siehe Bericht im Heft 42, 1921).

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 50. (Seite 999—1022)

16. Dezember 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

* Zu Otto Schotts siebzigstem Geburtstage. Mitteilungen aus der Geschichte der technischen Optik. Von *M. v. Rohr, Jena.* S. 999.

Über das d'Hérèllephänomen. Von *Ulrich Friedemann, Berlin.* S. 1010.

Besprechungen:

Potoniés Lehrbuch der Palaeobotanik. Von *F. Krasser, Prag.* S. 1014.

Dacqué, Edgar, Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere. Von *O. Abel, Wien.* S. 1016.

Wilser, J., Grundriß der angewandten Geologie. Von *H. Stremme, Danzig.* S. 1017.

Zuschriften an die Herausgeber:

Die Grundproben der Forschungsreise S. M. S.

Planet 1906/1907. Von *R. Wohlstadt, Hamburg.* S. 1017.

Das L-Dublett des Neon. Von *Walter Grotrian, Göttingen.* S. 1019.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Reisen durch Argentinien während zehn Jahre im Dienste der Landesaufnahme. Oberschlesien. S. 1019—1021.

Deutsche Geologische Gesellschaft:

Die Steinkohlenablagerungen des Saalkreises. S. 1021.

Astronomische Mitteilungen. S. 1022.

Der Bau des Fixsternsystems.

GOERZ TRIËDER BINOCLE



für

Reise, Sport, Jagd.

Zu beziehen durch die optischen
Geschäfte.

Man verlange reich illustrierten
Katalog.

Optische Anstalt C. P. Goerz Aktien - Gesellschaft, Berlin - Friedenau 45

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—. Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 4.— für die ein-spaltige Pettzelle angenommen.

Bei jährlich

6	23	26	52
10	20	30	400/10

 maliger Wiederholung

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin. Depostiten-Kasse C.
Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20120
Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Voigt & Hochgesang Göttingen

Fabrik f. Dünnschliffe,
Kristallpräparate von
eigenem, sowie von
geliefertem Material.

(260)

Schul- und Studiensammlungen von ersten
Fachleuten der Wissenschaft zusammengestellt.
Kataloge stehen kostenfrei zur Verfügung.

Mineralien, Kristalle und Gesteine

einzeln und in ganzen Sammlungen.

Spez.: Vogtl. u. sächs. Vorkommen, sowie Graptolithen
offert preiswert und in reicher Auswahl

Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., Oberer Graben 9 (259)

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Test-
platten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu ver-
langen: Liste über neue Schulsammlung mit Text-
heft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie

Von

Peter Pringsheim

Mit 32 Textfiguren. (VIII, 202 S.)

Preis M. 48.—

Inhaltsübersicht:

Vorwort. — I. Einleitung. — II. Die Resonanzstrahlung. — III. Resonanz-
spektra. — IV. Die Bandenfluoreszenz von Dämpfen und Gasen. — V. Leuchtdauer
und Polarisation der Fluoreszenzstrahlung von Gasen und der Einfluß magnetischer
Felder. — VI. Die Fluoreszenz und Phosphoreszenz fester und flüssiger Lösungen. —
VII. Die Gruppe der Erdkaliphosphore. — VIII. Linienfluoreszenz von Kristallen. —
IX. Fluoreszenz organischer Verbindungen. — Literaturverzeichnis. — Sachregister.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

16. Dezember 1921.

Heft 50.

Zu Otto Schotts siebzigstem Geburtstage (17. Dezember).

Mitteilungen aus der Geschichte der technischen Optik.

Von M. von Rohr, Jena.

Wenn auf den nachstehenden Seiten im Auftrag der Leitung unserer Werkstätte der Versuch gemacht werden soll, zu *Otto Schotts* siebzigstem Geburtstage rein vom Standpunkt des technischen Optikers aus die Bedeutung seines Werks zu würdigen, so wird damit kein durch- aus neuer Weg beschritten. Sowohl *E. Zschimmer* als auch *F. Auerbach* haben in ihren umfangreicheren Darstellungen diese Aufgabe behandelt, so daß es scheinen könnte, als sollte jetzt wiederum dasselbe gesagt werden. Der Verfasser glaubt aber, einmal durch seine hier und da beigebrachten geschichtlichen Bemerkungen ergänzender oder erweiternder Art, ferner aber durch die aus seiner im Umfang beschränkten Vorschulung hervorgehende, beständigeere Einhaltung seines Standpunktes seine Berechtigung zu dieser nochmaligen Behandlung zu erweisen.

Gleich von vornherein kann ich hier bemerken, daß jeder mir bekanntgewordene, auch der unscheinbarste, Versuch dieser Zeit zur Mitarbeit auf dem vorliegenden Gebiete erwähnt werden soll, denn es ist meine feste Überzeugung, daß nur aus einer möglichst eingehenden Kenntnis der Lage heraus die Schwierigkeiten richtig beurteilt werden können, die sich den Verbesserungen entgegenstellten. Um ein Beispiel anzuführen, wird die Würdigung für die Leistung des Gefeierten dadurch erhöht, daß lange vor ihm sowohl 1864 von der Feilschen Hütte als etwa zehn Jahre später von *A. Dawson* in England Versuche gemacht wurden, Barytglas zu schmelzen. Wenn es den Vorgängern — und mindestens bei *Feil* wird man an Erfahrung und Verständnis bei dieser Aufgabe nicht zweifeln können — nicht gelang, zu einer technisch befriedigenden Lösung der Aufgabe zu kommen, so muß man vernünftigerweise das Verdienst des Jenaer Werkleiters um so höher anschlagen, da er diese Schwierigkeiten zu überwinden und den bei photographischen Objektiven und Fernrohr- okularen für bestimmte Zwecke erwünschten Rohstoff darzubieten vermochte.

Der ältere Stand der Schmelztechnik.

Da *Chesler Moor Hall* bereits um 1730 für sein Fernrohrobjektiv Kron- und Flintglas verwenden konnte, so muß man damals ausgewählte,

optisch brauchbare Stücke solcher Glasarten von den für andere gewerbliche Zwecke arbeitenden Hütten haben erhalten können. Dabei sei im Vorbeigehen darauf hingewiesen, daß Kron- (*crown*-) Glas von der Scheibenform seinen Namen hatte, die etwa unsern „Butzenscheiben“ entsprochen haben wird, während die Bezeichnung Flintglas auf den Rohstoff aus Feuersteinen (*flint*) zurückzugehen scheint.

Wie der Glasersatz für *J. Dollond* (* 1706, † 1761) und die anderen englischen Optiker nach 1758 für die Herstellung ihrer Fernrohre geregelt war, habe ich nicht ermitteln können. An allein zu diesem Zweck arbeitende Glashütten wird man nicht wohl denken können, doch scheinen bestimmte Hütten (ich erwähne die von *Ratcliffe*, die 1811 als bereits eingegangen bezeichnet wurde) einen besonderen Ruf dafür gehabt zu haben; es macht den Eindruck, daß es bei der Rohstoffbeschaffung damals viel auf gutes Glück angekommen sei. Nach den wenigen Berichten, die mir darüber zu Gesicht gekommen sind, war im Anfang des 19. Jahrhunderts optisches Glas schwieriger und nur in ziemlich kleinen Stücken — nicht über 2½ in. = 7 cm im Durchmesser — zu erhalten. Daß es sich hier tatsächlich um einen fühlbaren Übelstand handelte, kann man auch aus den ziemlich hohen Preisen entnehmen, die nach *M. v. Rohr* (3, 371 r) sowohl in England als in Frankreich auf Fortschritte¹⁾ in der Schmelzkunst öffentlich ausgelobt wurden. Vielleicht wird sich auch *P. L. Guinand* (* 1748, † 1824) bei einer solchen Lage mit davon zu seinen, zunächst nicht eben lohnenden, Versuchen angeregt gefühlt haben. Wenn es noch eines Beweises bedürfte, so kann man ihn in dem sehr beträchtlichen Gehalt (und einer jährlichen, 13½ % davon betragenden Abstands- summe) finden, das *J. Utzschneider* (* 1763, † 1840) den beiden *Guinands* im Anfang des 19. Jahrhunderts gewährte, obwohl nach seiner eigenen Darstellung damals noch manches zu wünschen blieb. Jedenfalls hat er 1816 den älteren *Guinand* nicht wieder in seine alte Stellung eintreten lassen. Näheres darüber bei *M. v. Rohr* (3, 383 l).

Soweit man nach den hier bekannten Quellen urteilen kann, kamen die englischen und die französischen Hütten — denn da dort weiter

¹⁾ Im Vorbeigehen seien hier auf Herrn *H. Boegeholds* dankenswerte Anregung *Goethes* sehr bemerkenswerte Kenntnisse der Achromasie erwähnt. *Cottas* Ausgabe *Goethes* sämtlicher Werke in vierzig Bänden, 1840, 39, 373/8.

Fernrohre gebaut wurden, muß es auch Rohstoffe gegeben haben — zu keinen besonders günstigen Ergebnissen, mindestens nicht für größere Scheiben. Daran scheint sich auch nicht viel geändert zu haben, als sich *P. L. Guinand* 1813 von *Fraunhofer* und *Utzschneider* trennte und in seine Heimat zurückging. Jedenfalls war die Benediktbeurer Schmelze damals entschieden leistungsfähiger und durch *Fraunhofer* allein in einem wissenschaftlichen Geiste geleitet.

In Frankreich scheint man sich nach *M. v. Rohr* (3, 383 r) in den zwanziger Jahren mit dem Wunsche getragen zu haben, *Guinand* zur Übersiedlung nach Paris bewegen zu können; später hat man daran gedacht, ihm sein Verfahren abzukaufen. Der sehr niedrige Preis, den man ihm allerdings vergeblich bot, erweckt gerade keine sehr ausschweifenden Vorstellungen von dem Zustande der Hütte zu les Brenets in dem damals unter dem preußischen Könige stehenden Kanton Neuenburg. — In England war man über die in München und in les Brenets erreichten Fortschritte etwas beunruhigt und beauftragte noch in den zwanziger Jahren einen Fachausschuß, dessen Seele der ungemein tätige *M. Faraday* (* 1791, † 1867) war, mit der Anstellung von Versuchen zur Verbesserung der Schmelztechnik. Ich habe früher immer angenommen, daß das zur Förderung der englischen Glasindustrie für optische Zwecke geschehen sei, die man nach dem Obigen ja irgendwie bestehend annehmen muß. Durch eine ganz kürzlich erschienene englische Äußerung ist aber bekannt geworden, daß eine englische Glasindustrie erst 1837 gegründet worden sei. Der hier bemerkbare Widerspruch wird wohl so gehoben werden müssen, daß in diesem Jahre ein Unternehmen allein zur Erzeugung optischen Glases ins Leben gerufen wurde; es ist wohl als selbstverständlich anzusehen, daß es sich um *Chance Bros.* in Birmingham handelt.

Die Ausschußversuche, die mit sehr großer Freigiebigkeit — eine französische Quelle von 1840 gibt etwa 120 000 M. in unserem gesetzlichen Metallgelde an — gefördert wurden, scheinen wirtschaftlich nicht besonders befriedigt zu haben, und man gab sie gegen das Ende der zwanziger Jahre auf, da ja in der Schweiz und in Frankreich optisches Glas (in größeren Scheiben ist wohl zu ergänzen) zu haben sei.

Was Frankreich angeht, so hatte inzwischen *P. L. Guinands* jüngerer Sohn *Henry* nach manchen Mißerfolgen — man sehe *M. v. Rohr* (3, 396) — eine Glashütte in Paris begründet, lebte aber bis tief in die dreißiger Jahre anscheinend unter ziemlichem wirtschaftlichem Druck, bis mit dem Anfang des neuen Jahrzehnts bessere Zeiten kamen.

Allmählich hatte sich die mehr und mehr beliebt werdende Form des doppelten Opernglases infolge der Bestrebungen von *Fr. Voigtländer* (1823) in Wien und *J. Ph. Lemièrre* (1825) in

Paris herausgebildet, und man stellte größere Anforderungen an die Glashütten für zahlreiche, aber ziemlich kleine Stücke guter Beschaffenheit. Die Kundgebung der photographischen Verfahren (1839) zog die Herstellung von Aufnahmelinsen nach sich, und auch hier wurden im allgemeinen mittelgroße Stücke von guter Beschaffenheit verlangt. Diese Nachfrage kam nur den Gebrüdern *Guinand*, der Schweizer Hütte *Aimés* und der französischen *Henrys*, zugute, da *G. Merz* (* 1793, † 1845), der damalige Inhaber der Fraunhoferschen Hütte zu Benediktbeuren, unbegreiflicherweise diese günstige Gelegenheit versäumte. Er arbeitete eben nach der alten, früher vielleicht eher gerechtfertigten Übung nur für den eigenen Bedarf, und zwar auf große Fernrohrobjektive hin, ließ sich also diese nicht wiederkehrende günstige Gelegenheit, seinen Betrieb zu erweitern, entgehen und wurde denn auch im Laufe der Zeit von seinen rührigeren Wettbewerbern überholt.

Es scheint, daß um diese Zeit, wo wir von der Abgliederung der Ruedorferschen Hütte in Kohlgrub hören — sie hat, wie sich inzwischen feststellen ließ, noch einige Zeit für einen dort ansässigen Optiker *M. Woerle* geschmolzen —, auch in Frankreich solche kleineren Hütten aufgetan wurden, unter denen *Maäs* in Clichy, *Foiret*, *Rossette* und *Clement* in den fünfziger und sechziger Jahren erwähnt werden. Ich kenne (*M. v. Rohr* 3, 419/20) ihren Zusammenhang mit den *Guinands* nicht, weiß auch nur wenig von ihren Schicksalen, und mag gleich hier bemerken, daß sie in den siebziger Jahren, wenn sie da überhaupt noch bestanden, *E. Abbe* ganz unwert erster Beachtung erschienen sind.

Die Folgen der Revolution des Jahres 1848 veranlaßten den französischen Fachmann *G. Bontemps* nach England überzusiedeln, wo er von *Chance Bros.* in Birmingham aufgenommen wurde und bald die Ausbeute des englischen Betriebes auf eine beachtenswerte Höhe hob.

Da 1870 *A. Guinands* Schwiegersohn *Th. Daguet*, der zwischen 1829 und 1834 die Glashütte von les Brenets nach Solothurn verlegt hatte, gestorben war, so handelte es sich im wesentlichen um eine Monopolstellung der beiden großen englischen und französischen Hütten, die nach dem Stammbaum bei *M. v. Rohr* (2, 56) beide auf den jüngeren *Guinand* zurückzuführen sind. Ein Versuch, der 1869/70 nach *M. v. Rohr* (3, 396) mit *L. de Ratzé*, einem Neffen *Th. Daguets*, im Brandenburgischen gemacht wurde, hat zu keinerlei Ergebnissen für die Glaserzeugung geführt.

Die Erkenntnis des sekundären Spektrums und die Heranziehung neuer Stoffe.

Schon bald nach *J. Dollonds* Neuerfindung des achromatischen Fernrohrobjektivs um 1758 haben *A. Cl. Clairaut* (* 1713, † 1765) und *R. G. Boscovich* (* 1711, † 1787) den ungleichmäßigen

Gang der Zerstreuung bei Kron und bei Flint über das Spektrum hin erkannt. *R. Blair* († 1828) in Edinburgh wollte um 1791 den Fehler des sekundären Spektrums achromatischer Objektive durch Flüssigkeitslinsen heben und gab nach *M. v. Rohr* (3, 404 I) davon eine sehr eingehende und treffende Darstellung. Aber auch abgesehen von den gegen Flüssigkeitslinsen zu erhebenden Einwänden fehlte es noch an einem zahlenmäßigen Ausdruck für diesen Fehler, und man konnte ihn nur ungefähr schätzen.

Diesem Mangel half *J. Fraunhofer* (* 1787, † 1826) mit seiner weiter unten noch näher zu besprechenden Arbeit vom Jahre 1817 ab, die von ihm selber ins Französische übersetzt, 1823 in einer weit verbreiteten astronomischen Zeitschrift erschien und sicherlich viel dazu beigetragen hat, seine Fassung der Aufgabe weithin bekanntzugeben. Seine hauptsächlichsten Neuerungen bestanden einmal in der Verwertung der schwarzen Linien des Sonnenspektrums zu einer genauen Ausmessung der zwischen einzelnen Linien gelegenen Teilgebiete der Zerstreuung über das ganze Spektrum hin, und ferner in dem vorläufig allerdings noch nicht verwertbaren Versuch, zwei Probeglasflüsse zu schmelzen, die bei einem Objektiv als Kron und Flint zu verwerten waren. Dabei war es ihm gelungen, wirklich die roten Anteile im $\frac{\text{Kron}}{\text{Flint}}$ zu verkürzen und die blauen Anteile im $\frac{\text{Kron!}}{\text{Flint}}$ zu dehnen.

Man hat auch in der Tat diese Aufstellung nicht mehr vergessen, vielmehr sollen im folgenden eine Reihe von Tatsachen angeführt werden, die diese Aussage belegen.

So hat man bei Gelegenheit der Londoner Weltausstellung im Jahre 1851 bei einem weiter nach unten noch einmal zu erwähnenden französischen Zinkkron darauf hingewiesen, daß es sich zur Hebung des sekundären Spektrums sehr wohl eignen würde, wenn man es an der Stelle des Flintglases mit einem allerdings erst noch zu schmelzenden Fluorglase verbande, das dann als Kron zu dienen hätte. — Daß in Deutschland diese Aufgabe im Gedächtnis der Fachleute blieb, zeigen nicht nur Arbeiten des Merzischen Hauses, woran sich schon *Georg Merz* beteiligt hatte. Auch darüber hat sein Sohn *Siegmond* 1882 einen eingehenden Bericht abgestattet, doch hat man von Ergebnissen in der Technik nichts vernommen. — Der Sammelbericht *A. Safariks* und dessen eigene Bemühungen werden bei *M. v. Rohr* (1, 337) erwähnt. — Auch *C. A. Steinheil* hat nach zuverlässig erscheinenden Mitteilungen mit *J. Liebig's* Hilfe versucht, rechnerisch die Zusammensetzung derartiger Glaspaares zu finden, ohne daß man über das Ergebnis Vorteilhaftes gehört hätte. Sein Sohn *Hugo Adolph* hat sich nach neueren Mitteilungen seines Sohnes *Rudolf* um Mitte der achtziger Jahre mit der Poschinger-

schen Glashütte in Theresienthal zu dem Zwecke in Verbindung gesetzt, optisches Glas herzustellen, und auch Versuchsschmelzen ausführen zu lassen, die allerdings nicht befriedigten. Er hat die Versuche bei der ziemlich gleichzeitigen Eröffnung der Jenaer Hütte aufgegeben. Diese Darstellung gibt genauere Einzelheiten zu der kurzen Bemerkung *F. Auerbachs* (257). Leider kennt man *Steinheils* Ziel vorläufig nicht genauer. — Von *G. B. Amici* ist aus einem recht undeutlichen Bericht *A. Brachets* bekanntgeworden, daß er in seinen Mikroskopobjektiven eine ganze Reihe verschiedener Glasarten verwendet hat, um 5 oder gar 7 Strahlen verschiedener Wellenlänge an demselben Achsenorte zu vereinigen.

Auf einem ganz anderen Boden stehen die beiden derzeitigen Theoretiker des photographischen Objektivs, *L. Seidel* und *J. Petzval*. Sie fanden sich in hohem Maße durch die Bildfeldkrümmung behindert, die bei ebenen Aufnahmeplatten, wie sie für Photographen doch allein in Frage kommen, besonders stören mußte, wenn es sich um nahezu ebene Aufnahmegegenstände handelte. Bei geeignet geformten, z. B. wenn es sich etwa um Innenaufnahmen von Kirchen handelte, kann eine mäßige Bildfeldkrümmung sogar von Vorteil sein und die Verwendung weiter geöffneter Linsen zulassen. — *L. Seidel* hat 1856 in einer bewunderungswürdigen, rein theoretischen Arbeit darauf hingewiesen, daß sich die Bedingung der Ebenung des Bildfeldes nicht mit der wichtigeren Aufhebung der Farbenzerstreuung vertrage, und daß man nur durch Einführung beträchtlicher Dicken hoffen könne, günstigere Ergebnisse zu erhalten. — *J. Petzval* führte dagegen etwas später den Nachweis, daß für eine dünne, aus Kron und Flint bestehende Linsenverbindung von endlicher Brennweite die damals verfügbaren Glasarten auf eine Gesamtbrennweite von negativem Zeichen führen, wenn es sich um Erreichung der Ebenung des deutlichen Bildes handelt. Ob er sich später noch weiter mit dieser Aufgabe beschäftigt hat, ist heute nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Es ist möglich, daß ein 1906 hier nachgemessenes Objektiv, das sich in *Petzvals* Nachlaß gefunden hat, wirklich auf ihn zurückgeht. Er würde damit einen Schritt auf die Berechnung einer ziemlich lichtstarken Linsenfolge mit geebnetem Bildfelde und aus alten Glasarten hin gemacht haben, doch hat er bestimmt nichts darüber veröffentlicht, so daß sein Erfinderanspruch, wenn überhaupt, erst vom Jahre 1906 besteht. — Dagegen hat er die geringe Auswahlmöglichkeit, die ihm zwei Glasarten vom gleichen Brechungsverhältnis für gelbes Licht (*hard* und *soft crown*) der englischen Hütte boten, in einer sehr geschickten Weise dazu benutzt, die Farbenvereinigung seiner berühmten Bildnislinse zweckentsprechend zu verändern, ohne die musterhafte Hebung der Kugelabweichung zu beeinträchtigen. Denn während

er bei der ersten Berechnung im Jahre 1840 wie bei Geräten zur Unterstützung des Auges Rot (*C*) und Blau (*F*) vereinigte, hat er 1857 Gelb (*D*) und etwa Violett (*G*) zusammenfallen lassen, weil sich das bei einer photographischen Linse besser empfiehlt. — Sehr zutreffende, freilich für den Nichtoptiker ziemlich schwierig verständliche Bemerkungen hat er über das sekundäre Spektrum bei Aufnahmelinsen ebenfalls in jenem Jahre veröffentlicht.

Die Aufgabe der Ebenung des deutlichen Bildfeldes mit alten Glasarten hat 1874 mit großem wissenschaftlichem, aber ohne wirtschaftlichen Erfolg der schottische Astronom *Ch. Piazzzi Smyth* gelöst, indem er, die Forderungen des Coddington-Petzval'schen Gesetzes tatsächlich erfüllend, eine entsprechend stark gekrümmte Zerstreuungslinse unmittelbar vor die lichtempfindliche Schicht stellte. Freilich ließ sich die Handkammer, die er zur Verwirklichung seines eigenartigen Gedankens vorschlug, nicht einführen, und es hat überhaupt an einer ernsthaften Aufnahme dieses Vorschlages durch einen einflußreichen Optiker gefehlt. — Wer alle Fachschriften auf optischem Gebiete gelesen hätte, würde allerdings schon 1874 haben wissen können, daß nunmehr die Seidelsche allgemeine Forderung für die Ebenung des deutlichen Bildes erfüllt worden sei.

Später, 1881, hat dann *H. A. Steinheil* in seinem Porträtantiplaneten eine weitere Linsenfolge angegeben, mit der er der anastigmatischen Bildfeldebeneung etwa in demselben Maße näher gekommen war wie *Petzval* in seiner nicht völlig gesicherten Linse; indessen ist mir darüber nichts bekannt, daß er es ausgesprochen habe, es würde ihm seine Aufgabe durch ein Glas von anderer Brechung erleichtert worden sein.

Keht man nun zu der allgemeiner bekannten Lage der technischen Optik etwa in den sechziger und siebziger Jahren zurück, so arbeiteten auf unserem Gebiete vornehmlich *H. Schröder* (* 1834, † 1902) und *E. Abbe* (* 1840, † 1905).

H. Schröder, damals ein in Hamburg wirkender, gut eingeführter Fachmann für Himmelsfernrohre, hat sich, wie aus seinen späteren Darstellungen hervorgeht, große Mühe gegeben, teils ihm auffallende neue Glasarten anzuwenden, teils auch selber in dieser Richtung Versuche anzuregen. In ersterer Hinsicht ist an seine Bemühungen um das, 1867 in seinen Gesichtskreis fallende, Barytglas zu erinnern, während er dann berichtet, um 1870 den ihm wohl bekannten Schweizer Schmelzer *Th. Daguet* zu Versuchen mit Magnesiumkron angeregt zu haben. Von wirklichen Erfolgen seiner Bestrebungen aus jener Zeit ist nichts bekannt geworden, doch wird es sich in dieser Zusammenstellung noch zeigen lassen, daß er Fragen dieser Art viel Herz entgegenbrachte.

Auf einem Standpunkt ganz besonderer Höhe aber stand in dieser Zeit *E. Abbe*. Er hatte sich

jedenfalls schon längere Zeit (seit dem Ende der sechziger oder Anfang der siebziger Jahre; der genaue Zeitpunkt ist leider nicht zu ermitteln) mit den sehr mühsamen Rechnungen zum Mikroskopobjektiv abgegeben und hatte dabei die Bedeutung nicht nur des sekundären Spektrums, sondern auch der Farbenverschiedenheit der Kugelabweichung erkannt. Durch die geringe Auswahl der ihm vom Ausland zur Verfügung gestellten Glasarten merklich gehindert, hatte er vergeblich versucht, die Erzeuger des Werkstoffs für höhere Aufgaben der Optik heranzuziehen. Wenn auch heute über Einzelheiten dieser seiner Versuche nichts Genaues mehr zu ermitteln ist, so möchte ich nach dem bei *Zschimmer* (32/3) mitgeteilten Briefstücke (wohl aus dem Jahre 1879) einiges erschließen zu können glauben. „Ich betrachte es als einen großen Erfolg, daß „es Ihnen gelungen ist, Probeschmelzungen in „kleinen Tiegeln in solcher Qualität zu erhalten. „daß eine vollständige optische Untersuchung des „Produktes möglich ist. *Feil* (in Paris), der doch „ein berühmter, erfahrener Glasschmelzer ist. „hat mir noch keine derartige Schmelzprobe geliefert, die auch nur eine annähernde Bestimmung der mittleren Dispersion gestattet hätte. „geschweige denn eine zuverlässige Feststellung „der partiellen Dispersion, wie ich sie bei der „einen Ihrer Proben erhalten habe und von den „anderen auch noch zu erhalten hoffe. Für den „Fortschritt in der Herstellung optischen Glases „scheint mir aber die Möglichkeit, brauchbare „(d. h. optisch bestimmbare) Probeschmelzungen „machen zu können, die wichtigste Voraussetzung, weil auf diese Weise allein ein methodisches Experimentieren möglich wird. Solange „man alle Proben mit Quantitäten von 60 bis „80 Pfund machen muß, nur um ein brauchbares „Untersuchungsprisma zu erhalten, wird von „einem systematischen Probieren neuer Kombinationen so gut wie gar nicht die Rede sein können.“ Es scheint danach, als habe er mit seinen Bemühungen bei der Feilschen Hütte soviel Erfolg gehabt, daß mindestens Versuchsschmelzen für ihn ausgeführt wurden. Doch werden sie mit allzuvielen Schlieren behaftet, die Feststellung der optischen Eigenschaften auch nicht annähernd gestattet haben. Er mußte mithin, auch darin *Fraunhofers* Pfaden folgend, „Phantasioptik“ treiben, d. h. Mikroskopobjektive mit Flüssigkeitslinsen bauen, die ihm wenigstens einen Blick in die Zukunftsoptik gestatteten. Er hat später diesen, damals aussichtslosen Bemühungen, wie genauer in dieser Zeitschrift 1916, 4, 546, abgedruckt worden ist, das hohe Lob gespendet, ihn in einer durchaus zweckmäßigen und umfassenden Weise über die Aufgaben unterrichtet zu haben, die einem Neubau der Schmelzkunst zu stellen seien. An die Öffentlichkeit hat er sie damals nicht gebracht, da sich zunächst keine Möglichkeit einer zweckmäßigen Anwendung bot.

Jedenfalls war er sich über die Schwierigkeiten dieser Aufgabe, die nicht hauptsächlich in der auch nicht leichten Bereitstellung großer Mittel lag, durchaus im klaren.

Gelegentliche Versuche von Glasschmelzern.

Wenn nun, wie es in dem vorigen Abschnitt zu zeigen versucht wurde, immerhin einer ganzen Anzahl von optischen Technikern die Bedeutung neuer Glasflüsse mit abweichenden Eigenschaften klar war, so darf man sich darüber nicht wundern, daß hier und da ernsthafte Versuche in dieser Richtung angestellt wurden.

Ziemlich frühzeitige Bemühungen in dieser Richtung sind aus Jena zu erwähnen; so berichtet *E. Zschimmer* (25) von den Versuchen des berühmten Chemikers *J. W. Döbereiner* (* 1780, † 1849), um 1829 Bariumoxyd an Stelle des Kalks in eine Schmelze einzuführen, und er vermutet, daß er auch noch andere Stoffe seinen Flüssen beigemischt habe, was aus einem Schreiben des fast 80jährigen *Goethe* aus demselben Jahre hervorgeht, wo von einer Strontianglasprobe die Rede ist. *Goethe* versuchte, den Jenaer Gelehrten mit dem Mechanikus *Fr. Körner* in Verbindung zu bringen, der, von den damaligen weimarischen Großherzögen unterstützt, längere Jahre hindurch (von 1826 bis 1846) Versuche mit der Herstellung von Flintglas gemacht hat, allerdings ohne daß ihm ein wirklicher Erfolg beschieden gewesen wäre.

Daß 1842 *Guinand* Borsäure in seine Flüsse einzuführen versucht, aber kein haltbares Glas erzielt habe, sei nach *M. v. Rohr* (1, 332) erwähnt.

Von größerer Bedeutung war das Zinkkron der oben erwähnten Hütte von *Maës* zu Clichy. Eine Scheibe davon wurde in dem bereits erwähnten Bericht des Prüfungsausschusses vom Jahre 1851 erwähnt, und nach den Angaben des sehr zuverlässigen Optikers *Ch. Chevalier* wurde dieser Werkstoff um 1854 in seinen photographischen Linsen verwandt. Auch noch 1856 habe ich Spuren seiner Verwendung gefunden; aber wie lange es überhaupt noch bezogen werden konnte, bin ich zu sagen außerstande, da die mir zugänglichen Nachrichten über diese Hütte eben ungemein dürftig sind.

Es ist ferner das Thalliumflint des Pariser Glasschmelzers *Lamy* nach *M. v. Rohr* (3, 420 I) anzuführen, das in den Berichten über das Jahr 1867 vorkommt, und noch 10 Jahre später werden sorgfältige Messungen einer Glasart gleicher Benennung kundgegeben. Man kennt also seine optischen Eigenschaften, doch ist mir keine optische Anlage gegenwärtig, in die man es eingeführt hätte. Auch über den Schmelzer vermag ich keine nähere Angabe zu machen.

Daß mit den Barytbeimischungen auch nach *Döbereiners* Zeiten Versuche gemacht wurden, ist sicher; so berichtet *H. Schröder* davon, daß er solche — vielleicht nicht gerade für optische

Zwecke geschmolzene — Flüsse auf der Weltausstellung des Jahres 1867 gesehen habe. *A. Dawson* hat sich — allerdings nach Berichten vom Jahre 1888 — um 1874 daran versucht, und in der Feilschen Glashütte sind nach den Mitteilungen der neuesten Zeit sogar schon 1864 Versuche mit Barytsätzen gemacht worden. Zu einer erfolgreichen Verwendung in optischen Geräten ist es, soweit ich unterrichtet bin, nicht gekommen.

Auf der Stufe solcher Versuche steht auch das Lithiumglas, das *O. Schott* in seinem an *Abbe* gerichteten Briefe vom 27. Mai 1879 erwähnte, und über dessen Herstellung ein eingehender Bericht bei *E. Zschimmer* (31/3, 41) zu finden ist. Von einem Gelingen kann man insofern nicht sprechen, als das Lithiumkron bei der Paarung mit einem Flint gewohnter Art das sekundäre Spektrum gerade vergrößert haben würde.

Planmäßige Versuche zur Verbesserung der Glasflüsse.

Das Muster und Vorbild wird immer die Fraunhofersche Arbeit vom Jahre 1817 bleiben, wo in dem Glaspaare Kron M und Flint 13 eine merkliche Verbesserung des gleichartigen Ganges der Zerstreuung erreicht worden ist; sie würde zu einer Verringerung des sekundären Spektrums geführt haben, wären die beiden Schmelzen technisch verwendbar gewesen. Bereits *Fraunhofer* hatte darauf hingewiesen, daß es sich bei dem Flint nur um eine kleine Versuchsschmelze gehandelt habe. Daraus, daß bis zu seinem Todesjahr, 1826, keine entsprechende Verbesserung des sekundären Spektrums an den großen Fernrohr-objektiven erreicht wurde, kann man wohl schließen, daß es sich um eine besonders schwierige Aufgabe für den Schmelzer handelte. In viel späterer Zeit, 1886, hat *S. Czapski* nach *Abbes* gemeinsam mit *Schott* angestellten Überlegungen die Vermutung ausgesprochen, daß es sich dabei wahrscheinlich um ein Borosilikatflint und ein kalireiches Kron gehandelt habe. Beide Glasarten werden nicht haltbar gewesen sein und sind darum wohl nie für verkaufsfähige Linsen verwandt worden.

Reiht man hieran die Arbeiten des englischen Glasausschusses unter *M. Faradays* Leitung, so fällt seine Hauptaufgabe, die Erzielung größerer Flintscheiben, nicht in das hier zu behandelnde Gebiet, doch kann man an dieser Stelle darauf hinweisen, daß man auch Versuche machte, andere Bestandteile in die Schmelzen einzuführen. Namentlich stellte man Borglas her; optische Angaben über das schwere Flintglas *Faradays* finden sich bei *M. v. Rohr* (3, 405).

Wiederum von ganz besonders hoher Bedeutung sind die von dem Geistlichen *W. V. Harcourt* (* 1789, † 1871) schon 1834 begonnenen und bis nahe an sein Lebensende fortgesetzten planmäßigen Schmelzversuche, die dem Eifer und der Arbeitsfreude dieses Mannes ein hohes Zeug-

nis ausstellen. Besonders wichtig werden diese Versuche mit der 1862 einsetzenden Mitarbeit von *G. G. Stokes* (* 1819, † 1903), indem dieser eine zahlenmäßige Feststellung der optischen Eigenschaften möglichst jeder Schmelze nachdrücklich forderte. Auch *Stokes* selber legte bei seinem im Todesjahre seines Mitarbeiters erstatteten Bericht deutlich Wert auf die in gemeinsamer Arbeit erhaltenen Ergebnisse, und es scheint mir im Sinne *Abbes* zu liegen, wenn ich die große Bedeutung dieser Versuche für die Theorie der Glasflüsse vom Jahre 1862 ab rechne. Es ist ganz erstaunlich, wieviele verschiedene Stoffe *Harcourt* in die Schmelzen einführte, wird doch 166 als die Zahl der Prismen angegeben, die allerdings nicht alle genaue Messungen anzustellen erlaubten. Immerhin lieferte eine von *Stokes* angegebene Kompensationsmethode auch in ungünstigeren Fällen verwendbare Zahlen. Bei *Zschimmer* (23) ist die Angabe zu finden, daß bis zum Jahre 1871 „an zwanzig neue wesentliche Bestandteile dem Glasflüsse einverleibt“ worden waren.

Zu einer Verwendung größeren Maßstabs in der Technik ist es auch bei diesem vielversprechenden Versuch nicht gekommen. Zwar hatten sich unter den letzten Arbeiten *Harcourts* vier dreizöllige (7,6 cm) Scheiben gefunden, zwei aus Titanglas und zwei Terboratscheiben, die zu einem dreifachen Fernrohrobjektiv Stokesischer Rechnung derart verwandt werden sollten, daß die beiden Sammellinsen aus Titanglas das etwas empfindliche, die Zerstreuungslinse liefernde Terborat zu umschließen hätten. Indessen stellte sich bei der Bearbeitung heraus, die *H. Grubb* anvertraut worden war, daß eine der Titanglasscheiben verworfen und durch eine Scheibe gewöhnlichen Kronglases ersetzt werden mußte. Das in dieser Weise unter Mitwirkung des Mathematikers *J. Hopkinson* (* 1849, † 1898) entstandene Objektiv von $2\frac{1}{2}$ Zoll = 6,4 cm Öffnung und 28 Zoll = 71 cm Brennweite ließ erkennen, daß die Hebung des sekundären Spektrums auf diese Weise möglich war; dieser Erfolg schien den Versuch der Herstellung eines neuen Titansilikatglases zu berechtigen, der sich die Chancesche Hütte unterzog. Indessen hat das Ergebnis, das sich auch bei *M. v. Rohr* (3, 420 r) findet, nicht eben befriedigt; so wertvoll die Versuche in theoretischer Hinsicht waren, und wie sehr sie für die Hingabe der damit beschäftigten Männer sprachen: für die Glas-technik war das Ergebnis nur bescheiden. — In seiner bereits angeführten Arbeit hat *S. Czapski* (346/7) die folgende, auf *Abbe* und *Schott* zurückgehende Vermutung geäußert: „Die bezüglichen Schmelzungen enthielten stets als Grundlage *Phosphorsäure*, und so kam es, daß deren Wirkung als eine solche der Titansäure interpretiert wurde. Daher ist es jetzt ganz erklärlich, daß die auf *Hopkinsons* Veranlassung von „*Chance*“ ausgeführte Schmelzung eines *Silikat-*

„*Titan-Glases* die gehegten Erwartungen nicht befriedigte, denn die Titansäure an sich wirkt „nicht anders, wie die übrigen Oxyde der schweren Metalle, des Bleis, des Wismuts, und anderer.“

Wendet man sich nun zu dem Zusammenarbeiten *Ernst Abbes* und *Otto Schotts*, so hatte das oben erwähnte Lithiumglas die beiden Männer zusammengebracht. Die optische Untersuchung des neuen Glasflusses sprach zwar von keinem Erfolge, aber die gemeinsame Bekanntheit war doch schon so nahe, daß nach einiger Unterbrechung — man sehe *E. Zschimmer* (41) — im Dezember 1880 namentlich auf *Abbes* Drängen ein gemeinsames Arbeiten in Aussicht genommen wurde. Bei *Schotts* Besuch in Jena, Anfang Januar 1881, wird die Verabredung im einzelnen getroffen worden sein.

Man weiß aus verschiedenen, auch sonst nicht selten angeführten, Äußerungen *Abbes*, namentlich um 1874 und 1876/8, daß ihm die Beschränkung in der Glaswahl als der Haupthinderungsgrund bewußt war, der einer Verwirklichung jener, in der „*Phantasieoptik*“ rechnerisch durchgearbeiteten Verbesserungen entgegenstand. Eine genaue — nicht die erste — Niederlegung der dem Mitarbeiter zu stellenden Aufgaben findet sich in dem Briefwechsel gerade um die eben berührte Zeit, nämlich im Dezember 1880; sie hat nach *E. Zschimmer* (42) den folgenden Wortlaut: „In welcher Richtung die Optik neue Glasarten wünschen muß, habe ich, wenn ich nicht irre, Ihnen schon früher bezeichnet:

- „1. Kronglas, welches erheblich niedrigere „mittlere Dispersion hat als das bis jetzt „bekannte — oder höheren Brechungsindex bei gleicher Dispersion.
- „2. Flintglas (oder Kronglas), dessen Dispersion in ihrem relativen Gang von Rot „zu Blau mehr mit derjenigen des Krons „(oder Flints) übereinstimmt (also geringere sekundäre Farbenabweichungen „liefert).
- „3. Flintglas von sehr hoher Dispersion, aber „geringer mittlerer Refraktion.“

Wir wissen auch aus seinen eigenen Veröffentlichungen, daß sich *Abbes* Rechnungen auf die Verbesserung des Mikroskopobjektivs bezogen, und es wird sich auch aus der Folgezeit recht wahrscheinlich machen lassen, daß er bei der Aufstellung seiner Forderungen die Bedürfnisse anderer Geräte, etwa der photographischen Linse, nicht besonders ins Auge gefaßt hatte.

Im Hinblick auf die Einzelheiten des damaligen Abbeschen Planes gilt wohl auch jener Dezemberbrief — man sehe *E. Zschimmer* (44, Z. 7) —, und ihm seien die folgenden Angaben entnommen, die hier, ebenfalls nach *Zschimmer* (44), wörtlich angeführt werden. „Meiner „Überzeugung nach führt der Weg zur Bereicherung der Optik in dieser Richtung nicht in die „Glashütte, sondern zuerst in das chemische La-

„Laboratorium. Denn es wird sich darum handeln, in kleinem Maßstabe die optischen Eigenschaften methodisch zu studieren, die durch verschiedene Basen und Säuren in verglasbaren Verbindungen erlangt werden; wobei es dann freilich darauf ankäme, eine Methode ausfindig zu machen, um solche kleine Probeschmelzungen wenigstens soweit homogen zu machen, daß ein untersuchungsfähiges Prisma erhalten werden könnte . . .

„Das zu bearbeitende Versuchsfeld ist meiner Ansicht nach völlig tabula rasa. Denn was von Versuchen zur Feststellung der optischen Eigenschaften neuer Glasflüsse gemacht worden — wenigstens bekanntgeworden — ist, scheint mir völlig unverwertbar, weil es ohne System und Methode und ohne genaue Feststellung der Tatsachen vorgenommen worden ist . . .

„Es müßten für diesen Zweck, wenn irgend möglich, mit allen Basen und Säuren (auch den bis jetzt gebrauchten) Schmelzflüsse hergestellt werden, die wenigstens nicht mehr als zwei Salzen entsprechen: z. B. Zinksilikat + Natriumsilikat, Zinkborat + Natriumsilikat, Kaliumsilikat + Natriumsilikat usw. . . . Dann würden sich die spezifischen Wirkungen der sämtlichen Einzelverbindungen ohne alle Schwierigkeiten definieren lassen, und man könnte daraufhin die optischen Merkmale irgendeines komplizierten Gemisches mit großer Annäherung vorausbestimmen.“

Allerdings war Schott in seinem bei E. Zschimmer (45) mitgeteilten Briefe etwas anderer Ansicht: „Was nun die methodische Disposition der Versuche anbetrifft, so möchte ich es nicht für ganz zweckmäßig halten, alle möglichen Kombinationen durchzuprobieren, denn dann dürfte es der Arbeit doch wohl etwas viel werden; aber daß man diejenigen Kombinationen herausucht, welche anscheinend die besten Resultate versprechen, das will mir unter den vorliegenden Verhältnissen das Zweckmäßigste scheinen . . . Bisher habe ich die mineralogischen Beschreibungen vorhandener Angaben über den Glanz gewisser Verbindungen als Maßstab für die Intensität der Lichtbrechung benutzt, um mir eine Zusammenstellung von Elementen und Verbindungen zu machen, welche sich für unsere Versuche am besten eignen.“

Schotts eigentliche Arbeit zunächst im Laboratorium und dann in der Hütte zu schildern, dazu fehlt mir die Kenntnis des Schmelzbetriebs, und mein Kollege, Herr M. Herschkowitsch, ist hier freundlicherweise in die Lücke getreten.

„Wollte man ein vollständiges Bild von dem Umfang der zahlreichen Fortschritte entwerfen, die die Glastechnik Otto Schott zu verdanken hat, so würde man weit über den Rahmen, in dem diese Schrift gedacht ist, hinausgehen müssen. An einer anderen Stelle und zu einer anderen Zeit soll dies versucht werden. Hier will ich mich nur auf eine kurze Schilderung der hauptsächlichsten Verdienste Otto Schotts be-

schränken, soweit dieselben sich auf die Herstellung von optischem Glas beziehen. Da ist in erster Linie zu nennen die enorme Bereicherung, die die Glastechnik an Ausgangsstoffen zur Herstellung von optischem Glas den Arbeiten Otto Schotts zu verdanken hat. Ich nenne hier nur die Phosphorsäure, die Borsäure, den Baryt. Sehr bezeichnend für die Methodik seiner Arbeiten ist, daß er nicht erst alle möglichen Kombinationen durchprobiert, sondern in wahrhaft genialer Weise die Andeutungen, die die Natur in den zahlreichen Mineralien in dieser Richtung macht, verstanden und dadurch den Weg zur Lösung der Aufgabe. Gläser mit neuen, aber bestimmten optischen Eigenschaften zu schaffen, ganz wesentlich abgekürzt hat. Wenn dieser Weg auch notwendigerweise nicht zu einer restlosen Lösung der Frage über die größtmögliche Zahl der für optisches Glas verwendbaren Stoffe geführt hat, so hat er doch den Vorteil gehabt, in absehbarer Zeit greifbare Resultate zu zeitigen. Zwar sind schon viel früher von anderer Seite Versuche gemacht worden, Baryum in die Glastechnik einzuführen, wie in dieser Schrift oben erwähnt ist, doch hatten diese Versuche keinen Erfolg, und zwar, wie wir gleich sehen werden, weil sich technische Schwierigkeiten in den Weg gestellt haben, die zu überwinden Otto Schott vorbehalten blieben.

„Eine Hauptforderung, die an das optische Glas gestellt wird, ist die vollständige Homogenität desselben, d. h. das Glas muß frei von Schlieren, Blasen und Spannung sein. Die Schlieren haben ihre Ursache einmal darin, daß das Glas im physikalischen Sinne kein fester Körper, sondern ein starres Gemisch mehrerer Flüssigkeiten mit verschiedenen Eigenschaften ist, und nur wenn die Flüssigkeiten vollkommen miteinander vermischt sind, resultiert ein homogenes Glas. Es entsteht also die Aufgabe, die Glasmasse im flüssigen Zustande sorgfältig durchzurühren. So einfach die Aufgabe auf den ersten Blick ist, so groß waren auch die technischen Schwierigkeiten zu deren Lösung. Denn einmal galt's für den Rührer ein Material ausfindig zu machen, das von der feuerflüssigen Masse nicht angegriffen wird, dem Glase also keine fremden Bestandteile zuführt; dann aber auch den Glasfluß dünnflüssiger zu machen ohne die optischen Eigenschaften des Glases zu beeinflussen. War nun diese Aufgabe gelöst, so blieb noch eine zweite, viel schwierigere, nämlich geeignete Schmelzgefäße zu beschaffen, die temperaturunempfindlich sind, vom Glasfluß nicht angegriffen werden und bei der hohen Temperatur der Schmelze die nötige mechanische Festigkeit besitzen.

„Auch diese Aufgabe fand durch O. Schott eine nach jeder Richtung hin befriedigende Lösung.

„Eine weitere Ursache der Inhomogenität des Glases liegt darin, daß einzelne Bestandteile desselben mit den Verbrennungsgasen reagieren, wodurch die Zusammensetzung des Glassatzes

stellenweise, namentlich an der freien Oberfläche, sich ändert. Auch diese Schwierigkeit wußte *O. Schott* durch die geeignete Wahl der Feuerung und passende Form der Schmelzgefäße in befriedigender Weise zu beseitigen. Endlich sei noch erwähnt, daß das optische Glas nach seiner Fertigstellung sogenannte Spannung aufweist; diese ist auf die ungleichmäßige Abkühlung des Glases zurückzuführen, und zwar von dem Momente ab, da das Glas keine meßbare Plastizität mehr besitzt bis annähernd zur Raumtemperatur. Die Glasspannung beeinträchtigt nicht nur die Güte der Abbildung, sondern führt auch häufig zum Zerspringen der fertigen Objektive, wenn dieselben größere Dimensionen haben. Wenn auch die Aufgabe der restlosen Beseitigung der optischen Spannung im Glase, insbesondere bei Objektiven von beträchtlichen Dimensionen, noch nicht in der erstrebenswerten Vollkommenheit gelöst ist und heute noch manche Schwierigkeiten bereitet, so kann doch wohl gesagt werden, daß auch diese Aufgabe von *O. Schott* so weit gelöst ist, daß wir z. Zt. imstande sind, beliebig große Objektive ohne nennenswerte Spannung herzustellen.

„Die weiteren technischen Schwierigkeiten in der Fabrikation des optischen Glases sind mehr oder minder allgemeiner Natur und sollen später bei der Würdigung der Verdienste *O. Schotts* um die Glastechnik im allgemeinen besprochen werden.“

Soweit Herr *M. Herschkowitsch*.

Nach zwei Jahren der Arbeit *Schotts* in Witten i. W. konnte man im Januar 1882 daran denken, auf gemeinsame Kosten — zu den beiden Hauptbeteiligten traten für diesen Zweck noch *Carl* (* 1816, † 1888) und *Roderich* (* zwischen 1849 und 52), *Zeiß* (Vater und Sohn) hinzu — eine kleine Versuchsanstalt in Jena zu errichten, um die ersten Schritte dazu zu tun, die im Laboratorium gewonnenen Kenntnisse für die eigentliche Schmelzkunst zu verwerten. Nach *Zschimmer* (57) betrugen die Kosten für Anlage und Unterhaltung dieser Anstalt 35 000 M. Der Entschluß zu solchen, bei den damaligen Mitteln sehr fühlbaren Aufwendungen wird den vier Teilnehmern durch die Aussicht erleichtert worden sein, möglicherweise eine merkliche Beihilfe aus öffentlichen Mitteln für ihr Unternehmen zu erhalten.

W. Förster, der Vorsteher der Berliner Sternwarte, hatte nach *Zschimmer* (58) in einer Denkschrift vom Dezember 1880 die Begründung einer staatlichen Anstalt in Preußen angeregt, auch um geeignetes Glas zu optischer Verwendung herzustellen; daneben dachte er an die Bereitung von Glas für Thermometer mit einer geringeren Depression des Nullpunktes als der damals unvermeidlichen.

Man kann sich wohl vorstellen, daß Freunde und Bekannte, der mit den Glasplänen umgehenden Männer, sich in Eingaben und Gutachten be-

mühten, der Staatsregierung ihre Billigung einer solchen Förderung des heimischen Gewerbes kundzutun. Von Gelehrten wie *Helmholtz* und Gewerbetreibenden wie *Bamberg* und *Busch* erwähnt das *Zschimmer* (69) ausdrücklich, und in neuester Zeit sind durch *K. Martin* einige Einzelheiten zu *E. Buschens* Anteil auch an diesen Bestrebungen bekanntgeworden.

Man wird es ganz verständlich finden, daß sich die beiden Bestrebungen, dem Schmelzergewerbe aufzuhelfen, bald berühren mußten, ja daß sie sich schließlich miteinander vereinigten. Im Frühjahr 1884 erklärte sich die preußische Staatsregierung — und das war eine sehr selten wiederholte Abweichung von der allgemeinen Regel, daß ein konstitutioneller Staat nur für seine eigenen Angehörigen Opfer bringt — bereit, zur Fortführung des glastechnischen Betriebs im Großherzogtum Sachsen-Weimar-Eisenach in zwei Jahreszielen den Betrag von 60 000 Mark zu geben.

Noch im Januar 1884 hatten sich die vier Gesellschafter zu weiteren Opfern — sie schossen nach *Zschimmer* (68) ein Kapital von 60 000 M. ein — bereit erklären müssen, und man kann es verstehen, daß ihnen die Beihilfe des preußischen Staats, die doch etwa zwei Dritteln der bereits eingezahlten Beträge gleichkam, eine wirkliche Hilfe war. Zu den englischen Vermutungen neuester Zeit, *Schott* habe darüber hinaus Beihilfen bezogen, sei hier ausdrücklich festgestellt, daß diese Summe von 60 000 M. die einzige blieb, die von staatlicher oder anderer Seite dem Jenaer Unternehmen als Unterstützung zufloß. Es geht hier sogar eine Erzählung um, *Abbe* habe den Versuch gemacht, den zweiten Jahresbeitrag des Staates überhaupt nicht abzuheben. Ich bin nicht imstande, für die Richtigkeit einen Beweis anzutreten; zuzutrauen aber wäre *Abbe* ein solcher Wunsch wohl gewesen, wie jeder bestätigen wird, der das hohe Glück näherer Bekanntschaft mit diesem unvergleichlichen Manne gehabt hatte.

Anfang September 1884 wurde nach *Zschimmer* (70) das Jenaer Glaswerk von *Schott* und Genossen errichtet, im nächsten Jahre stellte man seine Leistungsfähigkeit auf die Probe, indem man mit den „meisten optischen Werkstätten Deutschlands“ in Verkehr trat, und im Juli 1886 konnte man sich auf den Markt wagen, indem man das „Produktionsverzeichnis des glastechnischen Laboratoriums von *Schott* und Genossen in Jena“ erscheinen ließ. Der einleitende Text stammt zum großen Teil aus *Abbes* Feder und gibt neben einer ganz kurzen geschichtlichen Darstellung auch die beiden Aufgaben an, denen die Begründer nachgegangen waren. Die erste ist die alte Fraunhofersche gleichmäßigeren Ganges der Zerstreuung in einem als Kron und als Flint zu verwendenden Glaspaar, die zweite die neue Abbesche einer größeren Mannigfaltigkeit in der Verbindung von Brechungsverhältnis

und Zerstreuungsvermögen; denn auf einen solchen kürzeren Ausdruck hatte *Abbe* hier den Inhalt seiner beiden Forderungen 1 und 3 von S. 1004 zusammengezogen.

In der Kennzeichnung der Eigenschaften verließ man ganz die alte Gewohnheit, nur das spezifische Gewicht anzugeben, und sprach damit diesem die Knappheit etwas übertreibenden Verfahren das Todesurteil. Neben dieser Größe teilte man noch nd ; v ; $nf-nc$; $nd-na$; $nf-nd$; $ng-nf$ sowie die Verhältniszahlen dieser letztgenannten drei Größen zur dritten mit. Die in einer besonderen Spalte angefügten Bemerkungen bezogen sich auf besondere Eigenschaften, wiesen dabei, wo nötig, auf die Notwendigkeit hin, Glasarten unsicherer Haltbarkeit nur an geschützten Stellen zu verwenden und machten in anderen Fällen darauf aufmerksam, daß die neuen Glasarten ihrer Leistung nach mit den den Abnehmern dem Namen nach wohl bekannten Erzeugnissen von *Chance Bros.* übereinstimmten.

Daß sich von den 1886 angebotenen Glasflüssen manche der neuartigen als nicht haltbar erwiesen, ist richtig. Eine nur abfällige Beurteilung dafür zu haben, halte ich für ebenso unbillig als etwa *Stokes* und *Hopkinson* vorzuwerfen, daß sich ihre Hoffnungen nicht erfüllt hätten. Im Streben nach Erkenntnis der Wahrheit wird auch der ernsteste Forscher Irrwege nicht völlig vermeiden können, und man sollte die Steinigung dieser Sünder den fleckenlosen Heiligen überlassen, die von solchen Fehlern rein geblieben sind. Abgesehen davon kann es fortgeschritteneren und erfolgreicherem Schmelzern den Ruhm nur erhöhen, wenn sie Phosphatkron und Boratflint haltbar herzustellen vermögen, während diese Leistung dem Jenaer Werk nicht gelang. Für die rechnende Optik muß man es wünschen und hoffen, daß die heute an so manchen Stellen bestehenden und aus öffentlichen Mitteln, wie es scheint, nicht eben kärglich geförderten Hütten merkliche Fortschritte über die Jenaer Leistungen hinaus erzielen mögen.

Die Verwendungen der neuen Werkstoffe in der technischen Optik.

Verständlicherweise war *Ernst Abbe*, der Mitbegründer, auch als erster auf dem Plan, die neuen Mittel in den Dienst der ausführenden Optik zu stellen, und im Jahre 1886 trat die von ihm geleitete Werkstätte mit der Reihe der Apochromate an die Öffentlichkeit. Sie wären ohne die neuen Glasflüsse sowie ohne die Einführung eines Kristalls, des Flußpaths, nicht herzustellen gewesen. In ihnen zog *Abbe*, bei den umfangreichen Rechenarbeiten seit dem Januar 1886 von dem jungen Mathematiker *P. Rudolph* (* 1858) unterstützt, die Summe aus den Erfahrungen und Entdeckungen seiner überaus mühevollen Rechen-tätigkeit der letzten fünfzehn Jahre. Ganz abgesehen von der Minderung des sekundären Spektrums führte er bei den in den Handel ge-

brachten Mikroskopobjektiven zuerst die Hebung der Kugelabweichung für zwei merklich auseinanderliegende Wellenlängen durch, was früher von *C. F. Gauß* (* 1777, † 1855) für das Fernrohrobjektiv geschehen war. Dem ungemein viel größeren Öffnungsverhältnis starker Mikroskopobjektive entsprechend war die Schwierigkeit der Aufgabe geradezu gewaltig; wohl kann man es verstehen, daß *Abbe* den Wunsch hatte, diesen von ihm geprägten Namen solchen Linsenverbindungen vorzubehalten, die ebenfalls zu gleicher Zeit Minderung des sekundären Spektrums und Hebung der Kugelabweichung für zwei verschiedene Farben aufwiesen. Bei den neuen Objektiven konnte er für Wasser- und für Ölimersionen die numerische Apertur recht merklich steigern, und als ein besonderes Meisterstück erschien 1889 die Monobromnaphthalin-Immersion mit $NA = 1,60$. Gewiß war die Verwendbarkeit dieses Objektivs geringer, da Monobromnaphthalin als Einbettungsmittel die meisten Präparate zerstören würde, aber *Abbe* brachte der glänzendsten Verwirklichung seines Gedankens leicht das Opfer eines geringeren Absatzes.

Daß er bei allen Apochromaten eine und dieselbe Vergrößerungsverschiedenheit zwischen Rot und Blau durchführte, um die gleichen, diesen Fehler ausgleichenden „Kompensationsokulare“, die ebenfalls die neuen Glasarten enthielten, verwenden zu können, und daß er schließlich in der Reihe der alten Objektive ebenfalls wichtige Verbesserungen der Strahlenvereinigung erreichte, das sei hier nur eben erwähnt.

Daß die Mikroskopiker der ganzen Welt die neuen Errungenschaften würdigten, ist ihm und seinen Mitarbeitern eine große Freude gewesen, wenngleich dem Absatz der Hütte daraus noch keine großen Anforderungen erwuchsen.

Noch in demselben Jahre¹⁾ lieferte *S. Czapski* (* 1861, † 1907), der im Jahre zuvor in die Werkstätte eingetreten war, an *C. Bamberg* die Angaben für Fernrohrobjektive aus den neuen Glasarten bis zu $17\frac{1}{2}$ cm Öffnung. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat es sich dabei um zweifache Formen auch aus nicht haltbaren Glasarten gehandelt, so daß man hier nicht viel von dauernden großen Erfolgen dieser Verbesserung hörte.

Anders sollte der Verlauf bei den photographischen Linsen ausfallen. Hier hatte gleichfalls schon 1886 nach *M. von Rohr* (1, 300) die weltbekannte Münchener Anstalt *A. Steinheils* einen lichtstärkeren Aplanaten aus Silikatschmelzen herausgebracht, wie ja auch von anderen Anstalten (ebenda 355) entsprechende Versuche mit der Leistungssteigerung von älteren Anlagen gemacht worden waren. — Eine Verbindung des hochbrechenden Krons mit niedrigbrechendem Flint versuchte erst *H. Schröder*,

¹⁾ Nach Zft. f. Instrkde., 1886, 6, 349 unten.

und zwar bereits um die Mitte des Jahres 1887. Man möchte nach seinen späteren Äußerungen vermuten, daß er sich von Überlegungen leiten ließ, wie wir sie oben auf S. 1001 von *J. Petzval* angeführt haben. Die symmetrische Doppellinse, wie er sie als „konzentrische Linse“ berechnete, zeigte zwar einen anderen Verlauf der Fehler schiefer Bündel als die der bekannteren Formen aus altem Rohstoff, ermangelte aber der Hebung der Kugelabweichung gänzlich und hat sich in der Schätzung der Fachleute keinen guten Platz erwerben können.

Eine grundsätzliche Änderung sollte erst durch die Bestrebungen der Jenaer Fachleute angebahnt werden. Es ist verständlich, daß *Abbe* nunmehr, von dem Druck der Mikroskoprechnungen mehr und mehr entlastet, seine Aufmerksamkeit auch anderen optischen Geräten zuwandte und seinem, an den Mikroskoprechnungen geschulten Hilfsarbeiter Aufgaben aus dem Gebiet des photographischen Objektivs stellte. Die für die Verfolgung schiefer Bündel notwendigen Formeln entwickelte *Abbe* selber und kam verständlicherweise auf die gleichen Ausdrücke, wie sie — was ihm nicht bekannt war — *H. Codrington* etwa sechzig Jahre vorher abgeleitet hatte. *Abbe* schlug zu der geplanten Verbesserung eine dreigliedrige Verbindung vor, deren mittlerer, aus drei Linsen zusammengekitteter Bestandteil eine solche Verfügung über die Einzelheiten der Anlage erlaubte, daß sogar eine apochromatische Hebung der Fehler des geraden Bündels möglich wurde. Die schiefen Bündel waren in einem Zustande wie etwa bei den bekannten Aplanaten. Der wirtschaftliche Erfolg dieser Neuerung war nicht besonders groß, denn auf eine so hohe Abbildungsgüte in der Mitte des Bildfeldes hätte man gern zugunsten einer Verbesserung der Randteile verzichtet.

Die Lösung dieser Aufgabe auf dem mühevollen Wege planmäßiger Rechenversuche mit Strahlenbündeln von endlicher Schiefe gelang *P. Rudolph*, und zwar konnte er bereits im April 1890 seine weit bekannt gewordene Bedingung von der gegensätzlichen Abstufung der Brechungsverhältnisse in den zusammensetzenden Achromaten aussprechen. Nimmt man an, daß es sich um zwei einfach gebaute sammelnde Glieder einer Doppellinse mit Mittelblende handelt, so führt diese Bedingung darauf, daß das eine von ihnen ein Altachromat sein muß, wo das als Kron verwandte Glas die niedrigere Brechung hat, und das andere ein Neuachromat, worin das Kron mit der höheren Brechung begabt ist. Im Jahre 1891 gelang es ihm wirklich, unter seinen Anastigmaten (später Protaren genannt) eine zweigliedrige Linse mit Mittelblende anzugeben, die eine Hebung aller fünf Seidelschen Bildfehler zeigte und dabei ein Öffnungsverhältnis von 1 : 9 aufwies. — Der wirtschaftliche Erfolg dieser Neuerung war ganz ungemein groß, da in dieser Zeit die Liebhaberphotographie in aller

Herren Ländern weit entwickelt war und einen glänzenden Markt für die neuen Geräte eröffnete. Alle anderen optischen Werke Deutschlands bemühten sich um ähnliche Formen, eine Neuerung jagte die andere, und man kann sagen, daß bis zum Ende des nächsten Jahrzehnts die Doppellinse mittlerer Lichtstärke mit anastigmatischer Bildebene sehr eingehend durchgearbeitet worden war und in vielen Tausenden von Stücken im wesentlichen von deutschen Häusern abgesetzt wurde. Von mittlerer Lichtstärke: denn alle diese Formen hatten ziemlich große Zonen in der Strahlenvereinigung der geraden Bündel, was aber bei den meisten, kurzen Ausführungs-brennweiten um so leichter verschmerzt werden konnte, als die Bildgüte nach dem Rande zu im Vergleich mit den alten Formen erstaunlich gehoben war. Lichtstarke Formen dieser Anlage sind wohl versucht worden, haben sich aber nicht recht einführen können.

Die nunmehr folgende Entwicklung der dreigliedrigen Linse in England vorläufig noch bei Seite lassend, gehe ich sogleich zu dem zweiten von *P. Rudolph* durchgeführten Fortschritt in der Anlage photographischer Linsen über. Er wurde im Herbst 1896 durch die Veröffentlichung des Planars eingeleitet, einer Linsenform, bei der auch für große Öffnungsverhältnisse eine sehr bemerkenswerte Geringfügigkeit der Zonen erreicht worden war, ohne daß der Zustand der schiefen Bündel hinter dem bei den Protaren zurückgeblieben wäre.

Das Mittel, das zu diesem erwünschten Ziele geführt hat, lag in der Einführung eines zusätzlichen Nachbarflächenpaares, also von zwei neuen Flächen gegen Luft, die im Falle des Planars eine sammelnde Wirkung hatten. Verständlicherweise wurden die verschiedensten Formen mit einer vermehrten Zahl von freien Flächen von den Rechenmeistern der verschiedensten deutschen Werkstätten genau untersucht, und es zeigte sich auch hier wieder, daß die Kronarten hoher Brechung zur Herbeiführung anastigmatischer Bildfeldebene nicht unumgänglich nötig seien; da sie aber die Aufgabe des Rechenmeisters viel besser erfüllen lassen, findet man sie wohl in fast allen neuzeitigen Linsen mit gebogenem Felde. Da das Planar zu keinem bedeutenden Absatz führte, so hat *P. Rudolph* den Gedanken, ein Nachbarflächenpaar an Stelle einer Kittfläche zu verwenden, auf dem Umweg über das 1899 zum Schutz angemeldete Unar auf sehr erfolgreiche Weise in dem Tessar von 1902 verwirklicht; diese Linsenverbindung ist später von *E. Wandersleb* (* 1879) so umgestaltet worden, daß sie das große Öffnungsverhältnis von 1 : 4,5 und sogar 1 : 3,5 zuließ, und wohl einen gewissen Abschluß auf ihrem Gebiete bildet.

Wie schon angedeutet, habe ich mit der Einschaltung des zweiten Abschnittes der zweigliedrigen Aufnahmelinsen mit anastigmatisch gebogenen Bildfelde etwas in der Zeit voraus-

gegriffen und begeben sich nun auf den Herbst 1892 zurück, wo sich *H. Dennis Taylor* ein dreilinsiges Fernrohrobjektiv aus Jenaer Glas schützen ließ, worin das sekundäre Spektrum mit haltbaren Glasarten in einem sehr bemerkenswerten Maße gehoben war. Der von ihm angewandte Kunstgriff bestand darin, die Sammelwirkung derart auf zwei Einzellinsen aus Silikat- und Barytleichtflint zu verteilen, daß der Gang in der Zerstreuung des Sammelgliedes fast völlig mit dem übereinstimmte, wie ihn das für die Zerstreuungslinse verwandte Borosilikatflint zeigte. Bei der Ausführung wurde auch hier die Zerstreuungslinse von den beiden Sammellinsen eingeschlossen, und es gelang, die Farbenverschiedenheit der Kugelabweichung in sehr geringen Grenzen zu halten, so daß man wohl berechtigt ist, von einem Apochromaten zu sprechen. Der größte, mit dieser Anlage erreichte Durchmesser beträgt 32 cm. — Schon wenige Monate darauf, im Januar 1893, dehnte derselbe Rechenmeister sein Arbeitsgebiet auch auf das photographische Objektiv aus und fand bei seiner Untersuchung der dreigliedrigen Anlage, daß man das neuzeitige Ziel auch hier allenfalls ohne hochbrechendes Kron erreichen konnte; indessen war die Annehmlichkeit der Verwendung dieses Werkstoffes auch bei seinen Linsen so merklich, daß sich diese Glasflüsse auch in der dreigliedrigen Anlage finden. Er hat seine Ergebnisse weiter und weiter vervollkommen, bis die neue „Cooke-Linse“ ebenfalls von allen fünf Seidel'schen Bildfehlern befreit war und nur geringe Zonen der Kugelabweichung zeigte.

Im Juli 1893 meldete *Abbe* sein Prismenfernrohr zum Schutz an und erhielt einen solchen auch auf eine derartige Stellung der beiden Prismenkörper, daß der dingsseitige Achsenabstand den Augenabstand des Benutzers übertraf. Aller Wahrscheinlichkeit nach hatte *Abbe* im Beginn seiner Tätigkeit als technischer Optiker ein Einzelfernrohr Porroscher Art gesehen, denn es steht fest, daß Pariser Optiker bei der Weltausstellung im Jahre 1867 den wiederum vergeblichen Versuch gemacht hatten, diese damals etwa 17 Jahre alte Fernrohrform zu allgemeinerem Gebrauch einzuführen. Auch in Österreich und Deutschland hatte man sich mit diesem schönen Gedanken abgegeben, und man wird annehmen können, daß auch damals wieder, wie seinerzeit bei *Ignazio Porro* (* 1801, † 1875), die mangelhafte Durchlässigkeit der für die Prismen verwendeten Glasarten hindernd im Wege stand. Nunmehr lieferte dafür die Jenaer Hütte einen Rohstoff, dem man einen solchen Vorwurf nicht mehr machen konnte, in dem Borosilikatkron, und der Bedarf an den neuen Prismenfernrohren war so gewaltig, daß fast alle optischen Werkstätten von Ruf deren Bau übernahmen, auch wo sie für die Dauer des Patentschutzes auf die mit der Erweiterung des dingsseitigen Achsenabstandes verbundene Tiefensteigerung bei der Por-

roschen Form verzichten mußten. Man erkennt, daß auch bei der zweiten Entwicklung der Schmelztechnik der Umstand in hohem Maße förderlich ist, daß Doppelfernrohre für ausgedehnte Käuferkreise lohnende Aufträge auf große Mengen der gleichen Glasart stellen lassen. — Für die Verbesserungen an den Objektiven dieser Fernrohre wird es genügen, auf die Namen *E. von Högh* (* 1865, † 1915) und *H. Harting* (* 1868) sowie die Jahre 1897 und 98 hinzuweisen. Die Okulare wurden von *A. König* (* 1871) und *H. Erfle* (* 1884) in den Jahren 1906 und 1917 mit einem Gesichtsfelde von anfangs nicht einmal erhoffter Größe versehen. In jedem Falle bildete auch hier die größere Auswahlmöglichkeit der neuen Glasflüsse eine wesentliche Erleichterung für die Planung dieser Anlagen.

Neue Glaspaare mit wesentlich gleichmäßigem Gange der Zerstreuung wurden schon 1899 für größere zweilinsige Fernrohrobjektive benutzt und auch von *R. Steinheil* (* 1865) günstig beurteilt. Später sind diese, Fernrohrkron und Fernrohrflint benannten, Glasflüsse noch weiter vervollkommen worden, wovon *M. von Rohr* (3, 434 I) ein kennzeichnendes Beispiel gegeben hat.

Zum Schlusse seien noch der in der Jenaer Glashütte ausgeführten Arbeiten an der Erhöhung der Durchlässigkeit Erwähnung getan: 1903 gelang es *M. Herschkowitsch* (* 1868), dem Quarz durch zweckmäßige Erhitzung sein Kristallgefüge zu nehmen und ihn amorph werden zu lassen; dieser Rohstoff wurde zu gewissen Mikroskopobjektiven (Monochromaten) verwandt, mit denen *A. Köhler* (* 1866) im Jahre 1904 die stärksten nutzbaren Vergrößerungen erhalten konnte, die bis jetzt in der mikroskopischen Abbildung möglich geworden sind. — Ultraviolettdurchlässige Glaspaare von großer Vollkommenheit sind als U. V. Kron und U. V. Flint 1903 von *E. Zschimmer* (* 1873) geschmolzen worden. Sie dienen in Sonderausführungen hauptsächlich zu Sternphotogrammen sowie auch bei Spektrographenaufnahmen bis etwa zur Grenze der die Lufthülle durchsetzenden Strahlen. 1913 gelang es demselben Mitarbeiter *Schotts*, Fluor in Kronschmelzen einzuführen, also eine Aufgabe zu lösen, von der in dieser Darstellung 1851 die Rede gewesen war.

Hiermit seien diese geschichtlichen Bemerkungen abgeschlossen. Wie alle großen Leistungen, hat auch die unseres Jubilars eine große Zahl abhängiger Arbeiten erst möglich gemacht und nach sich gezogen; es gibt seit der Herstellung des ersten Achromaten keinen bedeutenden Optiker, dessen Gedanken durch dieses wunderbar reiche Leben nicht erleichtert, verbessert oder überhaupt erst verwirklicht worden wären. Gewerbszweige in einer Ausdehnung, wie man sie früher nicht für möglich hielt, haben sich auf dem hier bereiteten Grunde entwickelt, und die verschiedenartigsten optischen Geräte

haben eine ungeahnte Erhöhung ihrer Leistungen erfahren; und das alles in freier Betätigung, ganz ohne die Hegeschränken einer Schutzpolitik, die den unbequemen Wettbewerber durch staatlichen Zwang ausschließt. Wohl können wir das schöne Goethesche Gleichnis auf das vielgestaltige Leben anwenden, das sich auf und um *Otto Schotts* Lebenswerk herausgebildet hat, und wir schließen, es sei auch hier

Wie mit einem Weber-Meisterstück,
Wo Ein Tritt tausend Fäden regt,
Die Schifflein herüber hinüber schießen,
Die Fäden ungesehen fließen,
Ein Schlag tausend Verbindungen schlägt.

Aufführung der hier benutzten, zusammenfassenden Darstellungen.

Auerbach, F., Ernst Abbe. Sein Leben, sein Wirken, seine Persönlichkeit, nach den Quellen und aus eigener Erfahrung geschildert. Leipzig, Akad. Verl.-Ges. 1918, XV, 512 S., 1 Ätz. u. 115 +.

Czapski, S., Mitteilungen über das glastechnische Laboratorium in Jena und die von ihm hergestellten neuen optischen Gläser. Zft. f. Instrknde. 1886, 6, 293—99 (Septht.); 335—48, 2 + (Oktht.).

von Rohr, M., (1) Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. Nach Quellen bearbeitet. Berlin, J. Springer, 1899, XX, 436 S. 8° mit 148. + und 4 Tfln. S. 325—38.

—, (2) Beiträge zur Geschichte des optischen Glases. Zft. f. Instrknde. 1909, 29, 50—57 (Febrht.).

—, (3) Zur Geschichte des optischen Glases. Dt. Opt. Wochschr. 1915/6, [I] 369/72; 382/5; 395/6; 404/5; 419/20; 431/4; 444/5; 470/1, 2 + vom 19. III. ab. Man sehe auch die Zeittafel in dieser Zft. 1916, 4, 324 (9. VI.).

Zschimmer, E., Die Glasindustrie in Jena ein Werk von Schott und Abbe, geschildert von —, —. Mit Zeichnungen von E. Kuitman. Verlegt bei E. Diedrichs, Jena; 1909 (1), 158 S. (1) 4°.

Über das d'Hérèllephänomen.

Von Ulrich Friedemann, Berlin.

In den letzten Jahren sind in der französischen bakteriologischen Literatur Beobachtungen mitgeteilt worden, die wegen ihrer Neuartigkeit die allergrößte Beachtung verdienen. Die experimentell festgestellten Tatsachen sind so eigenartig, daß zu ihrer Erklärung die bisher in der Bakteriologie und Immunitätslehre herrschenden Vorstellungen offenbar nicht ausreichen. Wir scheinen hier vor der Entdeckung eines neuen biologischen Prinzips zu stehen, dessen Tragweite einstweilen noch gar nicht abzusehen ist und das vielleicht unser biologisches Denken in ganz grundlegender Weise modifizieren wird. Vor allem aber auf medizinisch-praktischem Gebiet tauchen neue Probleme auf. Schon aus den bis jetzt vorliegenden Arbeiten scheint hervorzugehen, daß die wichtigsten Fragen der Epidemiologie, der Prophylaxe und Therapie der Infektionskrankheiten von den neuen Tatsachen berührt werden.

Zum Verständnis des folgenden sei in aller Kürze wiedergegeben, was bisher die Wissenschaft über das Zustandekommen einer Infektion gelehrt

hat. Vorbedingung ist natürlich das Eindringen von Krankheitskeimen in den Körper; aber das allein genügt nicht, sondern die Parasiten müssen auch die Bedingungen vorfinden, die zu ihrer Vermehrung im Körper — und ohne eine solche kommt es nicht zu einer Infektionskrankheit — notwendig sind. Der Organismus des Menschen und der Tiere verfügt nämlich über eine ganze Reihe von Schutzvorrichtungen, welche der Vernichtung der eingedrungenen Keime dienen. So enthalten die Körperflüssigkeiten, besonders das Blutplasma, Stoffe, welche nach Art der Desinfektionsmittel die eingedrungenen Keime abtöten. Diese Substanzen werden als Bakteriolysine oder nach *Buchner* als *Alexine* (Abwehrstoffe) bezeichnet. Daneben spielen aber die Zellen des Körpers, vor allem die weißen Blutzellen, eine wichtige Rolle, die nach den berühmt gewordenen Untersuchungen *Metschnikoffs* die Bakterien auffressen und in ihrem Innern abtöten. Dieser Vorgang wird als *Phagocytose* bezeichnet. Funktionieren diese Einrichtungen in ausreichendem Maße, so werden die eingedrungenen Krankheitskeime vernichtet, und es kann zu einer Infektion nicht kommen. Vermögen hingegen die Bakterien den Schutzkräften des Organismus zu widerstehen, so vermehren sie sich und erzeugen die Infektionskrankheit, die entweder zum Tode des befallenen Organismus führt oder ausheilt. Diese Ausheilung kommt nun nach den bisherigen Anschauungen dadurch zustande, daß sich unter dem Einfluß der Infektion neue Schutzstoffe im Organismus bilden, die in ganz spezifischer Weise gegen die eingedrungenen Krankheitserreger gerichtet sind und infolge ihrer größeren Menge in weit wirksamerer Weise als die schon vor der Infektion vorhandenen Schutzkräfte die Vernichtung der Parasiten herbeiführen.

Unter allen Umständen sind es also nach den bisherigen Anschauungen vom Organismus ausgehende Wirkungen, die der Ansiedlung der Krankheitserreger im Körper entgegenarbeiten und denen gegenüber die Parasiten selbst eine ganz passive Rolle spielen, sofern sie sich nicht sogar durch Bildung von Schleimkapseln gegen diese ihnen feindlichen Kräfte wehren. Wer aber hätte geglaubt, daß die Krankheitserreger sich selbst zerstören könnten oder daß gar besondere Mikroorganismen existieren, deren Aufgabe es ist, die in den Organismus eindringenden Krankheitskeime zu vernichten? Und doch drängen die neuen Befunde, von denen im folgenden die Rede sein soll, zu derartigen Annahmen. Zunächst mögen jedoch die Tatsachen selbst zu Worte kommen.

Die neue Entdeckung knüpft sich an den Namen des französischen Bakteriologen *d'Hérèlle*¹⁾ und ging von der seit langem bekannten Beob-

¹⁾ Ähnliche, aber von dem Autor selbst nicht weiter verfolgte und deshalb unbeachtete Beobachtungen wurden einige Jahre früher schon von *Twort* beschrieben.

achtung aus, daß es außerordentlich schwierig ist, Ruhrbazillen aus den Stühlen eines Ruhrkranken zu züchten. Dies liegt nun, wie u. a. auch Verfasser zeigen konnte, daran, daß die Ruhrbazillen in dem entleerten Stuhl außerordentlich schnell zugrunde gehen. Streicht man den ganz frisch entleerten Stuhl auf einen geeigneten Nährboden aus, so können auf diesem zahlreiche Kolonien von Ruhrbazillen wachsen, während schon nach einstündigem Stehen des Stuhls bisweilen kein einziger Ruhrbazillus mehr nachweisbar ist. Diese für den Bakteriologen sehr störende Tatsache wurde meist unter der Annahme erklärt, daß der Ruhrbazillus von dem im Darm stets vorhandenen *Bacterium coli* überwuchert würde, ohne daß diese Erklärung aber sonderlich befriedigte. Denn der Ruhrstuhl, der auf der Höhe der Erkrankung nur aus Schleim und Blut besteht, ist überhaupt äußerst bakterienarm.

d'Hérelle stellte nun folgenden Versuch an: Er brachte etwas Ruhrstuhl in ein Kölbchen mit Bouillon, ließ dieses etwa 24 Stunden bei 37° C. stehen und filtrierte es dann durch eine Tonkerze (Chamberlandfilter), welche die Bakterien und alle größeren Teilchen zurückhielt und nur gelöste Substanzen und die aller kleinsten Lebewesen, die auch mikroskopisch nicht mehr nachweisbar sind, die sogenannten filtrierbaren Vira, durchläßt²⁾.

d'Hérelle machte nun die Beobachtung, daß dieses Filtrat der mit Ruhrstuhl versetzten Bouillon die Eigenschaft hat, Ruhrbazillen abzutöten und aufzulösen. Dies läßt sich auf verschiedene Weise demonstrieren:

1. Methode: Ein Röhrchen mit Nährbouillon wird mit dem Filtrat gemischt und dann mit Ruhrbazillen beimpft. In den Brutschrank versetzt, bleibt das Röhrchen klar, da die Ruhrbazillen abgetötet sind und nicht mehr wachsen können.

2. Methode: Ein Bouillonröhrchen wird mit Ruhrbazillen beimpft und für 24 Stunden in den Brutschrank gestellt. Es trübt sich dann durch das Wachstum der Ruhrbazillen. Wird nun etwas Filtrat hinzugesetzt, so hellt sich die Bouillon auf, da die Ruhrbazillen aufgelöst werden. Eine Abimpfung des Röhrchens auf geeigneten Nährboden zeigt häufig, daß die Ruhrbazillen völlig abgetötet sind.

3. Methode: Eine Agarplatte wird mit einer ganz dünnen Aufschwemmung von Ruhrbazillen beimpft. An eine Stelle bringt man einen Tropfen Filtrat und läßt ihn eintrocknen. Wird nun die Platte in den Brutschrank gebracht, so überzieht

sie sich mit einem dichten Rasen von Ruhrbazillen. Nur an der Stelle des eingetrockneten Filtrattropfens bleibt das Wachstum aus und der Agar klar.

4. Methode: Eine Bouillonkultur von Ruhrbazillen wird mit einer winzigen Menge des Filtrats versetzt und dann auf Agar geimpft. Innerhalb des nach 24 Stunden entstehenden Bazillerrasens finden sich mehrere kreisrunde Stellen, an denen der Agar klar bleibt.

Diese Tatsachen bedeuten, vielleicht mit Ausnahme der letzten, noch nichts Besonderes. Sie beweisen nur, daß der Ruhrstuhl eine filtrierbare Substanz enthält, welche Ruhrbazillen abtötet und sicherlich als die Ursache des raschen Absterbens der Ruhrbazillen im Stuhl anzusehen ist.

Nun kommen wir aber zu dem wichtigsten und überraschenden Punkt der d'Hérelleschen Entdeckung. Wird die aufgelöste Bouillonkultur von Ruhrbazillen filtriert, so vermag sie wiederum eine Ruhrbazillenkultur aufzulösen. Das ließe sich ja vielleicht noch durch die Annahme erklären, daß die bakterientötende Substanz auch in dieser Verdünnung noch wirksam ist. Nun konnte aber d'Hérelle zeigen, daß dieser Versuch sich beliebig oft wiederholen läßt. Selbst nach tausendmaliger Passage hatte die aufgelöste Ruhrbazillenkultur ungeschwächt die Fähigkeit, Ruhrbazillen aufzulösen, ja, diese Fähigkeit nimmt sogar allmählich so stark zu, daß schließlich schon

1
1 000 000 000 ccm eines Kulturfiltrates genügt, um eine Ruhrbazillenkultur aufzulösen.

Diese Tatsachen lassen sich nur durch die Annahme erklären, daß die bakterientötende Substanz sich vermehrt, denn sonst müßte sie bei der Verdünnung längst unwirksam geworden sein. In der Tat konnte d'Hérelle nachweisen, daß die bakterientötende Kraft sehr rasch verschwindet, wenn das Filtrat nicht einer Bazillenkultur, sondern einem unbeimpften Bouillonröhrchen zugesetzt wird. Ebenso geht das baktericide Vermögen bei den Passagen schnell verloren, wenn das Filtrat immer mit abgetöteten Ruhrbazillen vermischt wird. Wir entnehmen daraus die weitere wichtige Tatsache, daß die bakterientötende Substanz sich nur im Kontakt mit lebenden Ruhrbazillen zu vermehren vermag.

Zur Erklärung dieser Tatsachen hat nun d'Hérelle eine Hypothese aufgestellt, die ein vollständiges Novum in der Bakteriologie bedeutet. d'Hérelle nimmt an, daß im Ruhrstuhl ein unsichtbares, filtrierbares, lebendes Virus enthalten ist, welches Ruhrbazillen aufzulösen vermag. Dieses Virus ist gewissermaßen als ein Parasit des Ruhrbazillus anzusehen; denn es vermag sich nur in diesem zu vermehren. d'Hérelle bezeichnet es daher als *bakteriophages Virus*.

Es war nun wichtig, festzustellen, ob ein solches Virus nur für Ruhrbazillen oder auch für andere Bakterien existiert. Denn in letzterem Falle würde der Entdeckung eine sehr allgemeine

²⁾ Zu welcher Gattung von Mikroorganismen diese filtrierbaren Vira gehören, wissen wir noch gar nicht. Wahrscheinlich gehören sie den verschiedensten Klassen an. Erwähnen möchte ich nur, daß eine Reihe von Tierkrankheiten, z. B. die Maul- und Klauenseuche, die Brustseuche, wahrscheinlich aber auch manche Infektionskrankheiten des Menschen durch solche filtrierbaren, invisiblen Parasiten hervorgerufen werden.

Bedeutung zukommen. Das scheint nun in der Tat der Fall zu sein. *d'Hérelle* fand nämlich, daß bei einer ganzen Reihe anderer Krankheiten, dem Typhus, Paratyphus, der Pest, der Geflügelcholera, der Rinderpest, im Stuhl ein bakteriophages Virus für die betreffenden Krankheitserreger auftritt. Ja, es scheint sogar zu gelingen, ein Virus, das aus Ruhrstuhl gewonnen wurde, auch an andere Bazillen, z. B. Typhusbazillen, zu gewöhnen.

d'Hérelle nimmt deshalb an, daß schon im Stuhl des gesunden Menschen ein bakteriophages Virus enthalten ist, welches auf den gewöhnlichen Bewohner des menschlichen Darms, den Colibazillus, eingestellt ist. Dringt nun ein pathogener Parasit in den Körper ein, so paßt sich das bakteriophage Virus an diesen an und vermag nun den eingedrungenen Parasiten abzutöten. *Von der Schnelligkeit, mit der sich dieser Anpassungsvorgang vollzieht, hängt das Schicksal des Menschen ab.* Funktioniert er gut, so werden die Krankheitserreger sofort beseitigt, ist er aber aus irgendwelchen Gründen gestört, so kommt es zur fortschreitenden Infektion. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese Anschauung, wenn sie sich bewahrheitet, für die Epidemiologie von der einschneidendsten Bedeutung ist. *d'Hérelle* hat dies auch klar erkannt und gerade nach dieser Richtung umfassende experimentelle Untersuchungen angestellt. Einige Tierseuchen erwiesen sich dafür als ein sehr geeignetes Untersuchungsobjekt, da sie, sich selbst überlassen, überaus mörderisch verlaufen. Zu diesen Krankheiten gehören die Hühnercholera und die Septikämie der Büffel. *d'Hérelle* untersuchte nun in den verseuchten Tierbeständen den Kot auf das Vorhandensein des bakteriophagen Virus und stellte fest, daß es hier häufig nachzuweisen war, während in seuchenfreien Gegenden das Virus nicht angetroffen wurde. Niemals fand er es bei Tieren, die der Krankheit erlegen waren. Nun stellte er sich das Virus in der oben angegebenen Weise dar und spritzte es den Tieren in den verseuchten Beständen ein. Wie er behauptet, erlosch die Seuche sofort in diesen Beständen, während sie in den übrigen nach wie vor zahlreiche Opfer forderte. *d'Hérelle* konnte aber Tiere auch gegen eine künstliche Laboratoriumsinfektion schützen, und zwar genügten 0,25 ccm des Virus, um einen ausgewachsenen Büffel gegen das Vielfache einer tödlichen Dosis der Septikämiebazillen sofort zu immunisieren. Diese Tatsachen sind so wichtig, daß eine baldige Nachprüfung dringend erwünscht wäre.

d'Hérelle teilt aber auch mit, daß es gelungen sei, die schon ausgebrochene Krankheit durch das bakteriophage Virus zu heilen. Bei Ruhrkranken soll die Krankheit nach dem Trinken einer kleinen Portion des Virus sehr schnell geheilt sein. Ein solcher Versuch ist ja in der Tat sehr verlockend. Denn eine Substanz, die noch in so ungeheuren Verdünnungen Ruhrbazillen aufzulösen

vermag und sich bei diesem Vorgang sogar noch vermehrt, müßte ja ein ideales Heilmittel sein. Leider kann ich aber aus eigener Erfahrung diese Angaben *d'Hérelles* nicht bestätigen. Ich verdanke Herrn Geheimrat *Otto* verschiedene in der serologischen Abteilung des Institutes für Infektionskrankheiten von ihm mit Herrn Dr. *Munter* hergestellte bakteriophage Vira, die gegen Ruhr- und Typhusbazillen hoch wirksam waren. Von einem sicheren therapeutischen Effekt habe ich mich aber nicht überzeugen können. Allerdings habe ich das Virus nur vom Mund oder Mastdarm aus gegeben, und es wäre denkbar, daß die subkutane Einspritzung wirksamer wäre; diese hat sich aber wegen der großen Giftigkeit der das Virus enthaltenden Kulturfiltrate bisher praktisch nicht durchführen lassen.

Übrigens hat *d'Hérelle* selbst Versuche mitgeteilt, welche das Versagen des Virus im erkrankten Körper verständlich machen könnten. Wird nämlich eine Ruhrbazillenkultur mit einer ungenügenden Virusmenge versetzt, so klärt sie sich zwar zunächst auf, trübt sich aber nach einigen Tagen wieder durch Bazillen, die der Abtötung entgangen sind und nun auswachsen. Interessanterweise sind nun diese nachträglich gewachsenen Bazillen resistent gegen das Virus geworden und behalten diese Eigenschaft auch bei der Weiterverimpfung bei. Möglicherweise sind also auch die während einer Krankheit herausgezüchteten Krankheitserreger Keime, die der Abtötung durch das Virus entgangen und dadurch resistent geworden sind.

Die Veröffentlichungen *d'Hérelles* haben bereits zahlreiche Nachprüfungen von sehr zuverlässiger Seite erfahren, welche die Grundtatsachen vollständig bestätigt haben, so daß an ihrer Richtigkeit wohl nicht mehr gezweifelt werden kann. Dagegen ist die Deutung, die *d'Hérelle* den von ihm gefundenen Tatsachen gibt, nicht ohne Widerspruch geblieben.

Kabeshima stellte fest, daß das Virus gegen Erwärmung und Desinfektionsmittel sehr resistent ist und sich dadurch also von allen bisher bekannten lebenden Virusarten unterscheidet. Es könne sich daher nicht, wie *d'Hérelle* annimmt, um einen lebenden Mikroorganismus handeln, sondern um einen fermentartigen Körper. Zu einer ähnlichen Anschauung gelangen *Bordet* und *Ciuca* auf Grund sehr wichtiger Versuche.

Bordet und *Ciuca* spritzten einem Meerschweinchen mehrmals in Zwischenräumen von einigen Tagen Kolibazillen in die Bauchhöhle, entnahmen einige Tage nach der letzten Injektion das Bauchhöhlenexsudat, das reich an weißen Blutkörperchen war, und filtrierten es durch eine Chamberlandkerze. Dieses Filtrat zeigte die Fähigkeit, Kolibazillen aufzulösen, und diese Eigenschaft ließ sich von Kultur zu Kultur übertragen, genau wie *d'Hérelle* das für Ruhrbazillen festgestellt hatte. Der Stuhl des mit Koli infizierten Meerschweinchens enthielt dagegen keine

baktericiden Stoffe. Dieser Versuch zeigt nun, daß nicht nur im Darm, sondern in dem höchstwahrscheinlich sterilen Bauchhöhleninhalt die baktericide Substanz entstehen kann. Bordet lehnt deshalb die Annahme d'Hérélles, daß ein lebendes Virus die Ursache der von ihm entdeckten Erscheinung sei, ab. Seine Deutung sei im folgenden kurz auseinandergesetzt.

Werden Kolibazillen dem Meerschweinchen eingespritzt, so bilden wahrscheinlich die weißen Blutzellen ein Ferment, welches Kolibazillen auflösen vermag. Das ist nichts Besonderes, wußten wir doch schon seit langem, daß auf die Einspritzung von Bakterien der Organismus mit der Bildung baktericider Substanzen reagiert, die in spezifischer Weise auf diese Bakterienart wirken. Nun muß aber dieses Ferment, um den beobachteten Tatsachen gerecht zu werden, eine Eigenschaft besitzen, die bisher nur den Lebewesen zugeschrieben wurde, nämlich die Fähigkeit, sich zu vermehren. Dies geht aus folgender Überlegung

hervor: Nehmen wir einmal an, $\frac{1}{1\,000\,000\,000}$ cem eines Kulturfiltrates genüge gerade, um 2 cem einer Bakterienkultur aufzulösen. Nun filtrieren wir diese zweite aufgelöste Kultur und können nachweisen, daß wiederum $\frac{1}{1\,000\,000\,000}$ cem eine neue Kultur auflösen vermag usw. Schon bei der ersten Übertragung muß sich also das Ferment um das 2-Milliardenfache vermehrt haben. Nun haben wir allerdings gesehen, daß das Ferment an sich keine Vermehrungsfähigkeit besitzt, sondern nur dann, wenn es mit lebenden Bakterien in Kontakt kommt. Wir können uns dies im Sinne Bordets nur so vorstellen, daß das Ferment gewissermaßen die Bakterien infiziert, indem es sie veranlaßt, das Ferment immer wieder neu zu bilden. Daß in der Tat die Bakterien die Fähigkeit zur Erzeugung des Fermentes auch nach dessen Entfernung beibehalten, geht aus dem Studium der überlebenden, gegen die Fermentwirkung resistent gewordenen Bakterienkulturen hervor. Werden nur ganz wenige Keime einer solchen Kultur — Bordet berechnet ihre Zahl auf 15 — einer frischen Bakterienkultur hinzugesetzt, so verfällt diese der Auflösung.

Wir sehen also, daß die Bakterien durch den Kontakt mit einem Ferment die Fähigkeit gewinnen, dieses Ferment selbst zu erzeugen, und diese Fähigkeit erblich auf ihre Nachkommen zu übertragen. Daß auch nach der Bordetschen Deutung im d'Hérellephänomen ganz neue biologische Prinzipien von weittragendster Bedeutung enthalten sein müssen, leuchtet ohne weiteres ein. Ja es will mir scheinen, daß die Bordetsche Auffassung dem Phänomen eine noch tiefere und umfassendere Bedeutung gibt als die gewiß unserem Denken ungewohnte Theorie d'Hérélles.

Bordet hat ferner die interessante Entdeckung gemacht, daß man durch Einspritzung des Fermentes, das in den Kulturfiltraten oder den re-

sistent gewordenen Keimen vorhanden ist, bei Kaninchen ein Antiserum erzeugen kann, das die Wirkung des Fermentes aufhebt, während dies mit gewöhnlichen Kolibazillen nicht gelingt. Das Ferment ist also etwas dem Kolibazillus sonst Fremdes, ein eignes Antigen, wie dies in der Sprache der Immunitätslehre ausgedrückt wird.

Welche der beiden Auffassungen das Richtige trifft, läßt sich noch nicht mit Sicherheit entscheiden. Soviel geht jedenfalls aus den Versuchen von Bordet und Ciuca hervor, daß die bakterioophage Substanz kein nur im Darminhalt vorhandenes Virus ist. Vielmehr muß wohl, für die Bordetsche Versuchsanordnung wenigstens, angenommen werden, daß die bakterioophage Substanz sich erst bei der Infektion bildet. Neuerdings glaubt Bail sogar beobachtet zu haben, daß sie auch spontan in alten Bakterienkulturen entstehen kann.

Andererseits hat d'Hérelle sehr merkwürdige Versuche mitgeteilt, welche doch zu der Deutung drängen, daß die bakterioophage Substanz kein gelöster Stoff sein kann, sondern aus — wenn auch nur äußerst winzigen — korpuskulären Elementen bestehen muß. d'Hérelle versetzt eine dichte Aufschwemmung von Ruhrbazillen mit einer sehr geringen Menge der bakteriophagen Substanz und streicht diese Mischung auf Agarplatten aus. Es bildet sich dann ein dichter Bakterienrasen, indem einige kreisrunde, wenige Millimeter im Durchmesser betragende Löcher, gleichsam Negative von Bakterienkolonien zu sehen sind. d'Hérelle fand nun, daß die Zahl der Löcher auf der Agarplatte genau proportional der Menge der zugesetzten bakteriophagen Substanz ist und schließt daraus, daß diese von Bakterien freien Agarstellen Kolonien des bakteriophagen Virus sind, das sich auf Kosten der umgebenden Ruhrbazillen vermehrt hat. Es kann nicht geleugnet werden, daß dieser Versuch — seine Richtigkeit vorausgesetzt — der Bordetschen Deutung große Schwierigkeiten bereitet.

Eine neue, gewissermaßen vermittelnde Theorie hat jüngst Bail aufgestellt. Er nimmt an, daß die Bakterien in kleinste ultramikroskopische Bakteriensplitter aufgelöst werden, welche nun ihrerseits wieder die Fähigkeit haben, andere Bakterien aufzusplintern. Es würde sich also um ein geformtes, vermehrungsfähiges Ferment handeln.

Kurzum, die Deutung des d'Hérellephänomens liegt noch im Dunkeln, und die mitgeteilten Erklärungsversuche zeigen, daß wir uns hier ganz neuen Erscheinungen gegenüber befinden, für die unsere landläufigen biologischen Begriffe scheinbar nicht ausreichen. Jedenfalls beweisen alle diese Tatsachen, daß sich während der Infektion bisher ganz ungeahnte Wechselwirkungen zwischen dem Organismus und den Bakterien abspielen, die offenbar für den Verlauf der Krankheit von größter Bedeutung sind. Bisher kannte man nur die Schutzeinrichtungen, die schon vor der Infektion vorhanden sind, und die

spezifischen Schutzstoffe, die nach einer Inkubationszeit von 8—10 Tagen, also meist erst nach Ablauf der Krankheit im Blut erscheinen. Gerade die Vorgänge, die sich vom Beginn der Infektion an und auf ihrer Höhe abspielen, sind aber wahrscheinlich das Entscheidendere.

Es ist nun von Interesse, daß in neuerer Zeit auch von deutscher Seite Beobachtungen mitgeteilt worden sind, die auf eine sehr schnell vor sich gehende Veränderung der biologischen Eigenschaften der Bakterien im Organismus hinweisen. *Morgenroth* hat gezeigt, daß eine Maus, die mit einem wenig virulenten Streptokokkenstamm geimpft worden ist, schon wenige Stunden nach der Infektion gegen die vielfach tödliche Dosis eines vollvirulenten Streptokokkenstamms immun geworden ist. Die virulenten Streptokokken werden aber nicht abgetötet, sondern in avirulente verwandelt, die sich auch in ihrem Wachstum auf künstlichen Nährböden von den virulenten Keimen unterscheiden und nur mehr imstande sind, eine chronisch und latent verlaufende Infektion bei der Maus hervorzurufen. Es wäre gewiß interessant zu untersuchen, ob auch dieser Virulenzverlust kontagiös ist, somit den von *d'Hérelle* und *Bordet* entdeckten Phänomenen an die Seite zu stellen ist.

Diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, daß aus den mitgeteilten Entdeckungen auf dem scheinbar theoretisch ausgebauten Immunitätsgebiet ganz neue Probleme erwachsen, darüber aber hinaus allgemeine biologische Fragen von bisher unübersehbarer Tragweite.

Literatur.

1. Erste Mitteilung von *d'Hérelle* Compt. rend. de la société des scienc. 10, IX. 1917.
2. *Bordet et Ciwa*, Compt. rend. de la société de biologie 1920, Bd. 83, S. 1293 u. 1297.
3. *Bail*, Wiener klin. Wochenschr. 1921, Nr. 20 u. 37.

Die übrige sehr umfangreiche Literatur findet man seit 1917 in den Compt. rend. des scienc. und in den Compt. rend. de biologie.

Besprechungen.

Potoniés Lehrbuch der Palaeobotanik. 2. umgearbeitete Auflage von *W. Gothan*. Lieferung 2, Bogen 11 bis 20. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1921. S. 161 bis 320. Preis M. 22,—.

Es werden behandelt von den Articulatae die Equisetales (S. 161—183), nämlich die Equisetaceen, Calamariaceen und Protocalamariaceen. Daran schließen sich die Lycopodiales (S. 183—241), womit die Darstellung der Kryptogamen erschöpft ist. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit wurden auch die den Gymnospermen angehörigen Pteridospermatophyten (Cycadofilices und Lepidospermen) wegen ihrer Pteridophytenmerkmale in der Beblätterung und im Stammbau an entsprechender Stelle innerhalb der Kryptogamen abgehandelt. Auf sie wird dann in der Übersicht und in der eingehenden Abhandlung über die Gymnospermen einfach verwiesen. Die Gymnospermen (S. 242 bis 320) werden gegliedert in I. Pteridospermatophyten, II. Cordaitales mit den Cordaitaceen und Mesoxylaceen, III. Cycadophyta mit den Bennetti-

tales, Cycadales (im Anhang Podozamiteae) und Nilsoniales, IV. Ginkgophyta mit den an Ginkgo eng anschließenden Ginkgoales und zwei entfernter stehenden Gruppen, V. Coniferae. Von den Gnetales sind fossile Reste noch nicht bekannt. Die Darstellung der Gymnospermen im Detail reicht bis zu den Taxodiaceen.

Bei den Equisetales zieht *Gothan* als Gattungsbezeichnung Equisetites Sternb. vor, und zwar wegen der von *Halle* konstatierten von Equisetum abweichenden Sporenmerkmale (tetraedrische Sporen ohne Elateren), seitenständigen Sporophyllzapfen, mutmaßlich sekundären Dickenwachstums. Nur aus dem Tertiär sind anatomisch mit Equisetum vollständig übereinstimmende Reste erhalten. Isolierte Sporophyllzapfen (Blüten) werden als Equisetostachys bezeichnet. An die Equisetaceen angeschlossen finden wir als „andere Equisetales, die nicht zu den Equisetaceen gehören“ die Gattungen: Schizoneura Schimp., Neocalamites Halle (wohin auch „Schizoneura“ Meriani aus der Trias gehört) und Phyllothea Brongn. (wahrscheinlich eine Sammelgattung). — Bei den Calamariaceen sind gesondert behandelt: 1. die Stämme (allgemeine Anatomie, Gattungen nach der anatomischen Struktur, die kohlig erhaltenen Stammreste und Steinkerne nach dem System von *Weiß* unter Beibehaltung von Calamites Suck. als Gesamtgattung), 2. die Wurzeln (Astromylon und Myriophyllites), 3. Beblätterung (Annularia Sternb. und Asterophyllites Brongn., letztere auch anatomisch), 4. Blüten (Sporophyllstände). Unter diesen wird Stachannularia *Weiß* zu Calamostachys Schimp. eingezeichnet. — Bei den Protocalamariaceen werden die Marksteinkerne der Stämme unter Astrocalamites scrobiculatus (Schloth.) Schimp., die Blüten als Pothocites (sehr Equisetum ähnlich!) zusammengefaßt. Leitbündelverlauf und Blätter zeigen Anklänge an die Sphenophyllaceen. Im Devon kommen sie nicht vor, denn die Saalfelder Vorkommnisse gehören ganz sicher dem unteren Kulm an. Nahestehend sind Autophyllites Grand Eury aus dem oberen produktiven Karbon von Gard und Sphenasterophyllites Sterz. aus dem badischen Karbon. Protocalamites Scott aber, aus dem englischen Kulm, ist ein Calamitenstamm.

Bei den Lycopodiales schließen an die eligulaten (ohne Blatthäutchen) fossil nicht sichergestellten Lycopodiaceen die mehr minder baumartigen Cyclostigmataceen mit den Gattungen Cyclostigma Haught. (insbesondere im Devon, doch auch im Kulm und produktiven Karbon) mit Zapfen und Pinakodendron *Weiß* ohne Zapfen. Hierher gehört wahrscheinlich auch Porodendron Zal. aus dem Unterkarbon mit skulpturlosen länglichen Nähn. Die bekannte Papierkohle von Malowka besteht nach *Zalessky* aus der Kutikula von Porodendron und nicht von Bothrodendron, wie man bisher glaubte. Bei den eligulanten Lycopodiales werden im Anschlusse an die Psilotaceen auch die problematischen Gattungen Psilophyton Daws. und Gomphostrobus Marion behandelt. Von Psilophyton, im Devon weitverbreitet, steht eigentlich nur die Pteridophytennatur fest, und Gomphostrobus zeigt jedenfalls Beziehungen zu den Coniferen.

Unter den Lycopodiales ligulatae (mit Blatthäutchen) nimmt begreiflicherweise die Darstellung der ausschließlich fossilen Lepidophyten den breitesten Raum ein. Im Paläozoikum sind sie gemein und tonangebend, mit dem Rotliegenden sterben sie aus, denn die sogenannte Buntsandstein-Sigillarie (Pleuromeia Corda) stellt einen ganz eigenartigen Typus dar, welcher allerdings gleich den Lepidophyten den

rezenten Isoetaceen am meisten verwandt ist. Die Lepidophyten, meist Bäume, besitzen durchaus Dickenwachstum, besonders der Rinde, und endständige oder stammbürtige Sporophyllzapfen (Blüten), über den Blattnarben die Ligulargrube. Es werden unterschieden: 1. Lepidodendraceen mit starken, meist gabelig verzweigten Stämmen und Rhizomen, zentralem Leitbündel, seltener mit Mark, stets mit Sekundärholz; die Blätter linealisch, einfach, einnervig, schraubig angeordnet, Blattpolster mit spindelförmigen Blattnarben mit Nárbechen hinterlassend. 2. Ulodendraceen mit zweizeiliger Verzweigung, schüsselförmigen Astnarben, ohne Blattpolster, Blattnarben meist nárbechenlos. Nur im Karbon. 3. Bothrodendraceen mit fast glatter Rinde und sehr kleinen locker stehenden Blattnarben mit Nárbechen. Durch das ganze Karbon. 4. Sigillariaceen, Bäume mit einfachen oder sehr gering verzweigten Stämmen, oft mit Längskannelierung, die sechsseitigen bis verlängert-eiförmigen großen Blattnarben mit Nárbechen; über der Narbe oft noch halbmondförmige Bögen und büschelförmige Verzierungen, darunter Querrunzeln; die Narben entweder in Orthostichen oder in Quincunx angeordnet; die Blüten nur endständig; die Rhizome als typische Stigmarien, wie bei den Lepidodendraceen, und als Stigmariopsis bekannt. 5. Gattungen, welche sich teils in die unterschiedenen Familien nicht einreihen lassen, weil sie sigillarioide und lepidodendroide Merkmale vereinigen, wie *Asolanus* Wood aus dem mittleren produktiven Karbon und *Archaeosigillaria primaeva* D. White aus dem Mitteldevon Nordamerikas, teils, weil sie ganz eigenartige Narben besitzen, wie *Archaeosigillaria* Kidst. aus dem Unterkarbon, *Omphalophloios* White und *Phialophloios* Hörich aus dem mittleren produktiven Karbon, teils, weil sie problematischer Natur sind, wie *Protolepidodendron* Krej. aus dem Mitteldevon Böhmens, sowie *Arctodendron* Nath. aus dem Unterkarbon Spitzbergens. — Selbstverständlich werden die Erhaltungszustände sowie die anatomischen Verhältnisse der Lepidophyten eingehend behandelt und auch die phylogenetischen Beziehungen erörtert. Näher noch als die Lepidodendraceen, Sigillariaceen und Pleuromeiaceen stehen den rezenten Isoetaceen nach Nathorst die von ihm zuletzt als *Lycostrobus* Scottii aus dem Rhät von Schonen beschriebenen Zapfen nach der, mittels der Mazerationsmethode festgestellten Struktur der Mikrosporangien. Von besonderem phylogenetischen Interesse sind die im Anhang als *Lepidospermae* zusammengefaßten Samen tragenden Lepidophyten aus den karbonischen Torfdolomiten Englands: *Lepidocarpon* Scott und *Miadesmia membranacea* Bertr., von denen erstere habituell an die baumförmigen Lepidodendraceen, letztere aber an die krautigen Selaginellen anschließt; die Makrosporangien sind hier von einem vom Sporophyll neugebildeten Integument mit distaler Mikropyle eingehüllt. — Von den rezenten Familien der Lycopodiales sind typische Vertreter nur für die Selaginellaceen bekannt.

Über die Systematik der Gymnospermen gibt Verfasser zunächst die eingangs dieses Referates erwähnte Übersicht. Zur Orientierung über die spezielle Darstellung diene folgendes: Die Cordaitales werden in die Cordaitaceae (Cordaitenbäume) und Mesoxyleae eingeteilt, weil letztere durch den Besitz von Zentripetalholz im Stamme und den Sekundärzuwachs des Zentrifugalholzes der Blattbündel gekennzeichnet sind. Morphologie und Anatomie von *Cordaites* Ung. werden eingehend behandelt, sowohl Stamm, Markkörper (*Artisia*), Blätter und Blüten (*Cordaianthus*). Im An-

schlusse daran werden abgehandelt „mit den Cordaitaceen verwandte oder in Verwandtschaft gebrachte Gruppen“ (insbesondere *Poroxyton* Ren. aus dem französischen Permocarbon, *Noeggerathiopsis* Feistm. aus der unteren Gondwanafloren und bis zum Rhät-Lias, *Titaophyllum* Ren.), ferner „Cordaites ähnliche Blätter des Mesozoicums“, weiters „Paläozoische Gymnospermen unklarer Verwandtschaft“ und schließlich „Gymnospermensamen aus dem Karbon und Perm“. Aus allen diesen Gruppen werden von verschiedenen Autoren Objekte als zu den Cordaitales gehörig betrachtet, hauptsächlich wegen der Blattmerkmale. Ihr näheres Studium wird noch manche überraschende Aufschlüsse über die Familien der fossilen Gymnospermen bringen. Von den unzähligen Samentypen des Paläozoicums sind die wenigsten ihrer Zugehörigkeit nach sicher bekannt.

Eine besonders eingehende Darstellung widmet *Gothan* den Cycadophyten. Sie werden in Cycadales, Bennettitales und Nilssoniales geschieden. Die Bennettitales sind echte Gymnospermen mit vielen Cycadeencharakteren, besonders in der Stammanatomie, mit Blüten, deren Bauplan unleugbare Analogien mit der Angiospermenblüte aufweisen. Ob sie in der Tat als direkte Vorfahren der Angiospermen in der geltenden Auffassung der Systematik der rezenten Pflanzen anzusehen seien, läßt *Gothan* mit Recht dahingestellt. Sie sind vom Keuper bis zur unteren Kreide bekannt. — Die Nilssoniales vom mittleren Keuper bis in die obere Kreide bekannt, jedoch nur im Jura häufig, stellen einen in hohem Grade selbständigen Typus dar. Das gilt auch für *Podozamites* F. Braun, dessen Fruchtblätter Coniferen und Cycadeenmerkmale vereinigen. — Nach den Beblätterungen werden bei den Cycadophyten etwa 20 Gattungen unterschieden; ihr Zusammenhang mit bestimmten Stamm- und Blütentypen ist jedoch nur in wenigen Fällen vollkommen sicher gestellt, selbst das geologische Alter der durch ihre Fruchtblätter so charakteristischen noch rezenten Gattung *Cycas* ist unsicher, denn die „*Cycas*“ der arktischen Kreide repräsentiert eine neue Gattung, *Pseudocycas* Nath., von *Cycas* durch 2 Mittelnerven mit dazwischenliegenden Spaltöffnungen in jeder Fieder verschieden. Die geologisch ältesten Cycadophytenbeblätterungen stammen aus dem obersten mittleren produktiven Karbon und gehören zu *Pterophyllum* Brongn., welche Gattung besonders in der Trias und Rhät-Liasflora formenreich auftritt. — Von den Blüten der Bennettitales sind so viele Typen bekannt geworden, daß daraus eine große Mannigfaltigkeit der Cycadophyten auch in biologischer Beziehung erhellt.

Auch die Ginkgophyten, von denen in der rezenten Flora nur *Ginkgo biloba* L. erhalten ist, waren einst formenreicher, besonders im Jura. *Ginkgo* L. und *Baiera* F. Braun sind fossil durch Blätter, Blüten und Früchte bekannt. *Baiera* ist namentlich durch reiche Teilung der Spreite charakterisiert. *Ginkgo* ähnliche Blätter finden sich schon im Karbon und Perm (*Psygmyphyllum* Schimp., *Saportaea* F. et Wh.). Im Jura finden wir dann auch einfache linealische (*Phoenicopsis* Heer) und pfiemenförmige mehrfach gabelte Blätter (*Czekanowskia* Heer) an Kurztrieben, ferner ruderförmige Blätter (*Eretmophyllum* Thom.) mit Spaltöffnungen und Sekreischläuchen nach *Ginkgoart*; die ähnliche *Torellia* Heer ohne Sekreischläuche dürfte wohl zu den Coniferen gehören. *Ginkgodium* Yokoy, mit angeblich lauter parallelen Nerven in der breit-spatelförmigen am Gipfel bisweilen

gekerbten oder einmal gelappten Spreite aus dem Jura Ostasiens wird gleichfalls als Ginkgophyt betrachtet.

Was nun die Koniferen anbelangt, so werden in der 2. Lieferung die Taxaceen und von den Pinaceen die Araucariaceen und ein Teil der Taxodien besprochen. Die Koniferen sind mit Sicherheit erst die aus dem Rotliegenden bekannten (Walchia Sternb.). Man hat oft Sammelgattungen nötig, da der größte Teil der Koniferenreste aus Laubzweigen besteht. Es sind aber auch soviel charakteristische Teile der fertilen Region bekannt, daß einerseits die systematische Stellung fossiler Gattungen, wie Palissya Endl. und Stachytaxus Nath. bei der Gruppe Podocarpoideae der Taxaceen festgelegt, die Existenz von Araucariaceen seit dem Rotliegenden sichergestellt, andererseits wieder das geologische Alter von noch rezenten Gattungen, wie Taxodium Rich., Glyptostrobus Endl., Sequoia Endl. sicher erkannt ist. Eine große Bedeutung kommt bei den Koniferen der Holzanatomie zu. — Bei Besprechung der 3. Lieferung werden wir Gelegenheit haben, auf einige Problemata zurückzukommen. Auch die zweite Lieferung erweist die Unentbehrlichkeit der Potonié-Gothanschen Paläobotanik bei der wissenschaftlichen Arbeit und für alle, die überhaupt mit fossilen Pflanzen zu tun haben. F. Krasser, Prag.

Dacqué, Edgar, Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere. Erste Hälfte. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1921. VIII, 336 S. und 345 Abbildungen. Preis M. 96.—.

Die Erkenntnis, daß die Erforschung der vorzeitlichen Tierwelt nicht nur in einer systematisch-deskriptiven Reihung der fossilen Reste, nicht nur in der Feststellung der zeitlichen Aufeinanderfolge der Einzelformen und der Gesamtfauunen und nicht nur in der Ermittlung der stammesgeschichtlichen Beziehungen der fossilen Tiere untereinander und zu den Vertretern der lebenden Tierwelt besteht, sondern daß sie auch, nicht zum geringsten Teil, darin wurzelt, daß wir uns über die Beziehungen zwischen Tier und Umwelt in vergangenen Zeiten der Erdgeschichte klar zu werden versuchen, bricht sich erfreulicherweise immer mehr Bahn. Zuerst waren es die Wirbeltiere, deren paläobiologische Erforschung systematisch in Angriff genommen werden konnte; die zahlreichen Vorarbeiten über die Physiologie der Skelettbildungen der rezenten und fossilen Vertebraten hatten vor etwa zwanzig Jahren eine sichere Grundlage für die Inangriffnahme dieser Fragen geschaffen.

Nicht so günstig standen anfänglich die Grundlagen für die Inangriffnahme der Paläobiologie der Evertibraten. Schuld daran war das mangelnde Interesse der Zoologen an jenen Fragen, die sich ausschließlich auf die Feststellung der Wechselbeziehungen zwischen der Form der einzelnen Organe und des ganzen Körpers und der Umwelt der Organismen bezogen. Erst langsam reifte auch auf diesem Forschungsgebiete die Erkenntnis, daß bei folgerichtiger Anwendung der paläobiologischen Analyse auch hier Schlußfolgerungen auf die Wechselbeziehungen zwischen Formgestaltung und Umwelt gezogen werden können, die uns etwas über die Lebensweise der vorzeitlichen niederen Tiere zu sagen vermögen.

Einzelne Gruppen der wirbellosen Tiere, wie die Trilobiten und die Cephalopoden, zum Teil auch die Echinodermen, sind schon früher nach paläobiologischen Gesichtspunkten durchforscht worden, und es hat auch an verschiedenen Versuchen nicht gefehlt, andere Gruppen der Evertibraten daraufhin zu untersuchen, ob wir aus den fossilen Resten Aufschlüsse über die Lebens-

weise der vorzeitlichen Evertibraten gewinnen können. Bis jetzt hat aber eine zusammenfassende Darstellung über die Paläobiologie der Evertibraten gefehlt, und es stellt das neue, vorläufig in seinem ersten Teil vorliegende Werk des Verfassers den ersten derartigen Versuch dar, der schon aus diesem Grunde mit Freude zu begrüßen ist.

Die Hauptmasse der fossilen Evertibraten gehört Stämmen an, die, wenn wir von den Arthropoden und den Cephalopoden absehen, fast durchwegs schwerfällige oder sogar überhaupt sessil gewordene Formen umfassen, so daß in dieser Hinsicht der Gegensatz zu dem Heere der durch ihre große Bewegungsfreiheit gekennzeichneten Vertebraten sehr auffallend ist. So muß sich die paläobiologische Erforschung der Evertibraten zu einem großen Teil auf die Frage nach den verschiedenen Erscheinungen erstrecken, die im Gefolge der Anpassungen an die sessile Lebensweise stehen, während die Frage nach den Anpassungserscheinungen an die freie Bewegung in ihren verschiedenen Ausbildungsformen bei der paläobiologischen Untersuchung der wirbellosen Tiere im Vergleich zu den Wirbeltieren stark in den Hintergrund tritt.

Ref. hätte es begrüßt, wenn das großangelegte Werk des Verfassers mit einer Schilderung der Anpassungserscheinungen begonnen hätte und wenn diesem Teile der Darlegung der theoretische Teil erst gefolgt wäre. Der Verfasser hat sich jedoch dafür entschieden, seine Darlegungen mit eingehenden theoretischen Erörterungen einzuleiten, die sich auf die drei ersten Kapitel erstrecken. Das mag vielleicht ein methodologischer Nachteil sein; jedenfalls sind in diesen einleitenden Kapiteln so zahlreiche wichtige Fragen aufgerollt, die nicht nur ein spezielles Interesse für den Paläontologen, sondern überhaupt für jeden besitzen, der sich mit phylogenetischen Forschungen beschäftigt. daß es andererseits wieder lebhaft zu begrüßen ist, wenn schon jetzt, da nur der erste Teil des Buches vorliegt, der Leser in die Stellungnahme des Verfassers zu diesen Problemen einen Einblick zu gewinnen in der Lage ist.

Sehr erfreulich ist es, daß der Verfasser seinen in seiner „Paläogeographie“ vertretenen Grundsätzen von der Überflüssigkeit einer reichen Illustrierung untreu geworden ist und das Buch mit einer bedeutenden Zahl vorzüglicher Figuren ausgestattet hat, die zu einem sehr großen Teil durchaus neu sind. Die Literatur ist, soweit sie dem Referenten bekannt ist, in vorzüglicher Weise benützt.

Das Buch scheint mir auffallend frei von Fehlern und Übersehen zu sein, so daß es jedenfalls als ein sehr wertvolles Nachschlagebuch und als eine gute Einführung in die Paläobiologie der Evertibraten bezeichnet werden darf.

Freilich darf nicht verschwiegen werden, daß der theoretische Teil, der, wie erwähnt, bedauerlicherweise als die Einleitung des Buches erscheint und einen relativ breiten Raum einnimmt, in sehr vielen Punkten zu einem Widerspruch herausfordert. Hierzu gehört beispielsweise die Stellungnahme des Autors zu den in der letzten Zeit vielfach diskutierten Begriffen „Phänotypus“ und „Genotypus“ (S. 15). Die fünf angeführten Thesen beinhalten viele Widersprüche, die größtenteils dadurch bedingt sind, daß es eben nicht, wie Verfasser meint, zwischen Phänotypus und Genotypus prinzipielle Unterschiede gibt. So sagt er in einem Atem: „Phänotypische Eigenschaften sind durch Zuchtwahl und Naturselektion verschiebbar . . .“

und weiter: „Phänotypische Anpassungen sind also nicht erblich“. Es kann jedoch gar keinem Zweifel unterliegen, daß das, was heute vielfach bei falscher Anwendung des Terminus „Genotypus“ als solcher bezeichnet zu werden pflegt, einmal, früher, als „Phänotypus“ aufgetreten sein muß. Darum ist auch nicht zu unterschreiben, was der Verfasser in Punkt 5 weiter sagt: „Es gibt eine wahre und eine falsche Erbllichkeit. Die wahre Erbllichkeit ist genotypisch bestimmt und kann persistieren, auch wenn bei Lebenslageänderungen der Phänotypus variiert. Die falsche Erbllichkeit besteht in phänotypischen Änderungen, die dauernd anhalten können, solange die gleiche, sie hervorrufende Lebenslage anhält, wobei der Genotypus, wie sich oft später zeigt, nicht geändert wurde.“

Solche Meinungsverschiedenheiten, wie sie zwischen dem Autor und Referenten bestehen, sind naturgemäß in Anbetracht des theoretischen Charakters der einleitenden Kapitel vielfach vorhanden. Sie sind jedoch nicht imstande, den vorzüglichen Eindruck, den das Buch beim sorgfältigen Studium auf den Referenten machte, wesentlich zu beeinträchtigen. Wir dürfen dem zweiten Teile des Werkes mit Spannung entgegensehen; jedenfalls ist ihm schon jetzt eine weite Verbreitung in allen biologischen, paläontologischen und phylogenetischen Kreisen zu wünschen.

O. Abel, Wien.

Wilser, J., Grundriß der angewandten Geologie unter Berücksichtigung der Kriegserfahrungen für Geologen und Techniker. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1921. 176 S., 61 Abbildungen und 3 Tafeln. Preis M. 39,—.

Unter den Zweigen der angewandten Geologie hat die Militärgeologie während des Krieges einen außerordentlichen Aufschwung genommen. Darüber hat der Verfasser im VIII. Jahrgang, Heft 33, dieser Zeitschrift berichtet. Der Verfasser war als geologischer Berater dem Kriegsvermessungschef bei der Obersten Heeresleitung zugeteilt und hat sich um die kluge und verständnisvolle Organisation der Kriegsgeologie während der beiden letzten Kriegsjahre großes Verdienst erworben. Der vorliegende Grundriß baut sich im wesentlichen auf den Erfahrungen auf, welche die Kriegsgeologen an allen Fronten sammelten und welche schon während des Krieges für die weitere Ausbildung der Kriegsgeologen und den Heeresgebrauch in einzelnen Übersichten herausgegeben waren. Dazu ist nun die Verwertung der einschlägigen geologischen und technischen Literatur getreten. Das Werkchen ist als eine erste Einführung für Studierende, Techniker, Lehrer gedacht und hierzu auch wohl geeignet. Allerdings erweckt es bei dem, welcher eine Einführung in die gesamte angewandte Geologie für Friedenszwecke erwartet, nicht ganz befriedigte Hoffnung. Als allgemeine Grundlagen werden Art und Lagerung, Bearbeitbarkeit, Standfestigkeit und Wasserführung des Gesteins behandelt. Dabei ist auch der Boden vielfach mit berücksichtigt. Das Kapitel über Erdarbeiten ist fast nur den Kriegsarbeiten gewidmet. Die bei den Friedensarbeiten so besonders wichtigen Massen- und Arbeitsberechnungen hätten wenigstens vergleichsweise behandelt werden müssen. Auch die Entwässerung ist wieder ganz auf den Krieg eingestellt. Dagegen greifen die besonders umfangreichen Kapitel über Wasserversorgung und nutzbare Gesteine mehr auf die Friedensverhältnisse über, deren eigentliche Arbeitsgebiete, wie Siedelungen, Bahn-, Straßen-, Brücken- und Tunnelbau, Wasserbau, Abwässerbeseitigung, Gräber und Friedhöfe, Acker-, Wiesen- und

Waldbau allerdings zusammen in nur einem Druckbogen überflogen werden. Immerhin werden die Kreise, an welche sich der Grundriß richtet, mancherlei wertvolle praktische Angaben finden, und es ist zugunsten der besseren Ausbildung eines größeren Kreises kriegsgeologisch Tätiger für einen späteren Krieg sehr zu begrüßen, daß die Kriegserfahrungen im Zusammenhange allgemein zugänglich gemacht sind.

H. Stremme, Danzig.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die Grundproben der Forschungsreise S. M. S. Planet 1906/07.

Von S. M. S. Planet sind in den Jahren 1906—1913 nahezu 800 Grundproben gehoben worden. Von diesem zurzeit im Mineralogisch-Geologischen Institut zu Hamburg befindlichen Material sind zunächst die Proben der Jahre 1906/07 einer Untersuchung unterzogen worden. In diesen Jahren hat der Planet im ganzen 364 Lotungen¹⁾ vorgenommen, wovon 63 auf den Atlantischen Ozean, 147 auf den Indischen und 155 auf den Stillen Ozean (Südostasiatischen Archipel) fallen.

Nach der *Tiefenlage* verteilen sich diese Lotungen, wie die Tabelle zeigt, ziemlich regelmäßig auf alle Tiefen zwischen 0 und 6000 m. Unterhalb dieser Tiefenstufe tritt plötzlich eine starke Abnahme der Lotungsfrequenz ein, indem Tiefen zwischen 6000 und 9000 m nur 19mal gelotet wurden.

Tabelle:

0—1000 m	55 Lotungen	51 Proben (39 Röhrenproben)
1000—2000 m	55	55 „ (41 „)
2000—3000 m	71	65 „ (45 „)
3000—4000 m	50	42 „ (33 „)
4000—5000 m	60	54 „ (50 „)
5000—6000 m	54	51 „ (46 „)
6000—7000 m	9	6 „ (5 „)
7000—8000 m	6	6 „ (6 „)
8000—9000 m	4	1 „ (1 „)

Es wurden jedoch nur auf 328 Stationen Proben gewonnen. Der Probenausfall beträgt also 10%. Die Verteilung der Proben auf die Tiefen ist ebenfalls aus der Tabelle zu ersehen. Sie entspricht in großen Zügen der Verteilung der Lotungen überhaupt.

Die *Länge* der trockenen Proben²⁾ schwankt in der überwiegenden Zahl zwischen 5 und 16 cm (Maximum bei 9 cm), jedoch wurde auch eine ganze Anzahl Proben von 17—22 cm Länge gewonnen. Des weiteren sind alle Längen bis zu 30 cm — jedoch nur vereinzelt —

¹⁾ Die Lotungen entsprechen den Stationen 1—255 in „Forschungsreise S. M. S. Planet 1907“, herausgegeben vom Reichsmarineamt, Berlin 1909, Bd. III, S. 22—36; den Stationen „Freetown 1—15“, ebenda, Taf. V; den Stationen 258—315 in Ann. d. Hydr. u. Marit. Meteorologie, 35. Jg., Berlin 1907, S. 346 und 388, und den Stationen 316—344, ebenda, 36. Jg. (1908), S. 477.

²⁾ Die Zahl der stabförmigen Proben von meßbarer Länge (Röhrenproben) macht nur 75% des gewonnenen Materials aus (siehe die Tabelle). Der Rest wird zum größeren Teil durch Sedimentspuren, welche an der Außenseite der Röhre hochgekommen sind, zum kleineren Teil durch Proben dargestellt, welche zu klein oder zu stark beschädigt sind, um gemessen werden zu können. Bemerkenswert ist der große Ausfall an Röhrenproben in den Tiefen von 0—4000 m (Maximum mit 37% zwischen 2000 und 3000 m), der auf relative Lockerheit der Sedimente in diesen Tiefen, vor allem des Globigerinenschlammes, hinweist.

vertreten. Zwei besonders lange Proben messen 44½ und 55 cm³).

Der Durchmesser der Proben entspricht den Schlammröhrenweiten von 1½ und 2 cm, welche etwa gleich häufig angewandt wurden. Schlammröhren mit größeren lichten Durchmessern wurden nur in wenigen Fällen benutzt. Irgendeine Gesetzmäßigkeit in der Beziehung der Länge zum Durchmesser der Proben konnte nicht festgestellt werden; die Schlammröhren von 1½ cm haben im Mittel Proben von derselben Länge gebracht, wie die Röhren von 2 cm Durchmesser.

Es seien nun im folgenden einige der bemerkenswerteren Grundproben einer Besprechung unterzogen.

Die längste Probe (55 cm bei 2½ cm Durchmesser) ist die der Station 8. Sie stammt aus dem Atlantischen Ozean, nördlich von den Cap Verden (19° 38' nördl. Br. 23° 0' w. L.) aus 4060 m Tiefe. Die Probe, welche einen typischen Globigerinenschlamm darstellt, besteht fast ausschließlich aus Foraminiferen, worunter sich zahlreiche Exemplare der für die Tropen charakteristischen rosa- bis karminroten Art *Globigerina rubra* d'Orb. befinden, die der gelben Probe einen rötlichen Schimmer verleihen. Die Globigerinen sind alle wohl erhalten. Des weiteren weist die Probe an Organismen nur noch Kokkolithen (*Discolithen* und *Rhabdolithen*), und zwar in ziemlicher Menge, und ein paar Radiolarien (*Nassellarien*) auf. Die Tonsubstanz tritt ganz zurück, ist aber doch in dem Maße vorhanden, daß die organogenen Teile fest zusammenhalten. Der Strich auf der Schieferplatte ist sehr weich-kreidig, ebenfalls von rötlich-gelber Farbe. Die große Porosität der Probe, welche in Wasser augenblicklich zerfällt, wird durch ihr abnorm niedriges spezifisches Gewicht dargetan, welches nur etwa 0,9³⁾ beträgt.

Die Probe zeigt keinerlei Spuren einer Schichtung, sondern ist von oben bis unten petrographisch und den Organismenarten nach völlig homogen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Probe in ihrer ganzen Länge ein rezentcs Sediment darstellt. Derartige Schlamme, wie die vorliegende Probe, werden möglicherweise, im Vergleich zu anderen Sedimenten der Tiefsee, in einer sehr kleinen Zeitspanne sedimentiert.

Die zweitlängste Probe (Station 148), welche aus dem nördlichen Indischen Ozean zwischen Ceylon und Sumatra (3° 13' n. Br. 90° 50' ö. L.) aus einer Tiefe von 2764 m stammt, stellt ebenfalls einen Globigerinen-

³⁾ Hierbei ist jedoch zu bedenken, daß alle Zahlen für die Länge der Proben in Wirklichkeit um einen unbekannten, wahrscheinlich nicht unwesentlichen Betrag größer sind, denn einmal sind alle Proben nicht allein als durch den Trocknungsprozeß eingeschrumpft, sondern auch als durch den Aufstoß der Schlammröhre zusammengepreßt zu betrachten. Sodann konnte bei der überwiegenden Zahl der vorliegenden Proben ein gewisser Teil jeder Probe bei der Messung nicht berücksichtigt werden. Es ist dies jeweils der Teil der Probe, der von dem ersten Bearbeiter des Materials, dem verstorbenen Prof. Dr. Haas (Kiel), zum Zwecke der chemischen Analyse abgekappt wurde, und dessen Länge vermutlich mit ½ bis mehrere Zentimeter anzusetzen ist. Genaue Angaben hierüber sind leider nicht hinterlassen worden.

⁴⁾ Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes dieser und der folgenden Proben geschah durch Berechnung des Volumens möglichst glattwandiger zylindrischer Stücke. Wenn auch eine solche Bestimmung nur ein angenähertes Resultat gibt, so liegt doch in diesem Falle das spezifische Gewicht sicher unter 1, da die Probe im Wasser schwimmt, wenn man sie, um die sofortige Auflösung zu verhindern, mit einer dünnen Fetthaut überzieht.

schlamm dar, der jedoch eine größere Festigkeit, trotzdem aber auch nur das spezifische Gewicht von ca. 0,9 besitzt. Die organogene Komponente tritt hier zugunsten der tonigen Substanz bedeutend zurück. Neben Kokkolithen (*Discolithen*) finden sich Radiolarien in ziemlicher Häufigkeit, im übrigen einige Diatomeen. Das Aussehen der Probe, welche im Wasser schwerer zerfällt, und ihr Strich auf der Schieferplatte, ist in der oberen Hälfte gelbgrau, in der unteren rein grau. Eine Veränderung in der Zusammensetzung der organogenen Komponente von unten nach oben konnte jedoch nicht festgestellt werden. Die sehr augenfällige und allmähliche Veränderung der Farbe der Probe von unten nach oben, welche anscheinend durch mehr und weniger starke Ausfüllung der Foraminiferenkammern mit feinstem Schlamm hervorgerufen wird, deutet auf irgendeinen langsamen und konstanten Wechsel der Sedimentierungsverhältnisse hin, wie überhaupt die Probe den Eindruck eines in verhältnismäßig längerer Zeit sedimentierten Schlammes macht.

Die tiefste Probe (Station 242) wurde im Philippinengraben vor Mindanao in 8500 m Tiefe gewonnen. Es ist ein völlig kalkfreier Roter Ton von gelbbrauner Farbe. Die ziemlich feste und harte Probe, welche nur 9 cm lang und ebenfalls homogen ist und bei Berührung mit Wasser sehr schnell zerfällt, ist reich an feinsten Mineralsplittern, jedoch so gut wie frei von Organismen. Nur vereinzelte winzige Schlammnadeln und Foraminiferenfragmente sowie einige Radiolarien wurden gefunden.

Unter dem vorliegenden Material findet sich jedoch auch eine größere Anzahl Proben, welche eine eigentliche Schichtung aufweisen. Von diesen ist eine besonders bemerkenswert. Es ist dies die Probe der Station 11, die in einer Tiefe von 4743 m nahe der afrikanischen Küste bei Freetown (6° 57' n. Br. 15° 15' w. L.) gewonnen wurde und bei einer Länge von 16 cm in ihrem oberen Teile eine schwarzgraue, in ihrem unteren jedoch eine gelbbraune Farbe zeigt. Der Übergang ist ziemlich unvermittelt. Die Probe ist von harter Konsistenz, ganz besonders im oberen Teil, der sich in feuchtem Zustand als äußerst zähe erwies. Die makroskopische Untersuchung ergibt, daß die ganze Probe, besonders im unteren Teil, der ein spezifisches Gewicht von ca. 1,5 zeigt, von großen Foraminiferen durchsetzt ist. Bei der mikroskopischen Untersuchung entstehen insofern Schwierigkeiten, als sich die Probe nicht rein aufschlürmen läßt und auch durch Kochen in Kalilauge zum Teile, besonders in der oberen Hälfte, kaum zum Zerfallen zu bringen ist. Die ganze Probe ist gleichmäßig von zahlreichen feinsten Mineralsplittern durchsetzt. An Organismen fanden sich neben Foraminiferen nur winzige Reste von Spongiennadeln. Kokkolithen wurden nicht gefunden. Der untere Teil der Probe kann allenfalls als Globigerinenschlamm bezeichnet werden. Der obere Teil jedoch, der nur vereinzelte große Foraminiferen enthält, stellt einen, wahrscheinlich durch Kieselsäure besonders stark verfestigten Tonschlamm dar, dessen genauere Zusammensetzung die chemische Analyse ergeben wird.

Von nicht geringer Bedeutung scheinen einige Beobachtungen bestoßener Lotröhrenschneide zu sein. Solche wurden u. a. auf dem nordöstlichen Teil des Wal-fischrückens (Station 44 unter 2° 1' s. Br., 7° 43' ö. L., 3037 m), zweimal auf dem Madagaskarrücken (Station 89, 31° 45' s. Br., 44° 47' ö. L., 2032 m, und Station 92, 28° 36' s. Br., 46° 3' ö. L., 2831 m) sowie östlich des Maskarenenrückens (Station 126, 11° 32' s. Br. 66° 21' ö. L., 2666 m) gemacht. In diesen

Fällen handelt es sich nämlich um Stationen, welche weit entfernt vom Festlande auf untermeerischen Erhebungen liegen. Der Umstand, daß an den genannten Stationen keine Grundprobe erlangt wurde, zwingt zu der Annahme, daß diese Lotungen felsige Partien getroffen haben, wie sie auf untermeerischen Schwellen sehr wohl denkbar wären und auch verschiedentlich in der Literatur vermutungsweise Erwähnung gefunden haben. Es mag sich da um untermeerische Eruptivmassen oder überhaupt um gehobene und denudierte untermeerische Gesteine handeln. Die letztgenannte, bereits im Bereiche der Korallenzone liegende Station läßt jedoch auch den Schluß zu, daß hier von noch unbekannten Korallenriffen abgesunkene Gesteinsmassen getroffen wurden, wie ja auch in diesem Teil des Indischen Ozeans acht Breitengrade weiter nördlich, zwischen dem Chagos- und Maskarenenrücken, von dem „Planet“ nach einem von der „Valdivia“ vermuteten Korallenriffe gesucht wurde⁵⁾. Eine Serie von 14 Lotungen brachte kein Resultat, jedoch zeigte sich die Lotröhrenschneide an sechs dieser Stationen bestoßen und leer. Da die einzelnen Positionen ziemlich weit auseinanderliegen und beträchtliche Höhenunterschiede aufweisen, können wir nicht gut annehmen, daß das Lot abgesunkenen Korallenfels getroffen hat, sondern müssen auch hier obige Erklärung heranziehen.

Hamburg, den 26. Oktober 1921. R. Wohlstadt.

Das L-Dublett des Neon.

Durch die neuesten Arbeiten zur Systematik der Röntgenspektren von A. Smekal, D. Coster, A. Sommerfeld und G. Wentzel kann es als sicher gestellt gelten, daß es im Gebiet der Röntgenspektren eine K-Absorptionsbandkante, drei L-, fünf M- und sieben N-Absorptionsbandkanten gibt. Es scheint ausgeschlossen, diesen Befund, wie bisher angenommen wurde, so zu deuten, daß jeder Absorptionsbandkante ein besonderer Dauerzustand des Atoms entspricht. Dagegen kommt man zu einer widerspruchsfreien und klaren Darstellung der Absorptions- und Emissionserscheinungen, wenn man folgende Annahme macht:

Es gibt nur einen einzigen Dauerzustand des Atoms. Der Unterschied der verschiedenen Absorptionsbandkanten liegt nicht im Anfangs-, sondern im Endzustand der Absorption.

Für die Edelgase ist beim Helium die K-Absorption, beim Neon die L-Absorption, beim Argon die M-Absorption, beim Krypton die N-Absorption identisch mit der normalen Ionisierung des Atoms. Daraus folgt, daß Helium eine, Neon drei, Argon fünf, Krypton sieben verschiedene Ionisierungsspannungen haben muß.

Auf der Suche nach den drei Ionisierungsspannungen des Neon kann man zunächst zeigen, daß das L-Dublett L_2-L_1 des Neon identisch ist mit der von Paschen bei der Einordnung der Bogenlinien in ein System von Haupt- und Nebenserien gefundenen Konstanten $A = 782 \text{ cm}^{-1}$.

Diese Behauptung wird durch folgende Tatsachen gestützt: Erstens stimmt die Größe der Konstanten A überein mit dem Werte, den man durch Extrapolation des Verlaufs des L-Dubletts in Abhängigkeit von der Atomnummer gewinnt. Zweitens läßt sich zeigen, daß das Eingehen der Konstanten A als additives oder subtraktives Glied in der Frequenzformel einer Serienlinie z. B. $\nu = 1,5 s - m, p \pm A$ dann zu erwarten ist, wenn man annimmt, daß gleichzeitig mit dem Sprung

eines Leuchtelektrons von der Bahn m, p nach der Bahn $1,5 s$ die Konfiguration der sieben nach einer Ionisierung übrigbleibenden Elektronen des L-Ringes von dem der Absorptionsbandkante L_1 entsprechenden Zustande in den L_2 entsprechenden Zustand übergeht oder umgekehrt.

Die Absolutwerte der drei zu erwartenden Ionisierungsspannungen lassen sich nach den bisher vorliegenden experimentellen Befunden noch nicht einwandfrei festlegen. Die beiden L_1 und L_2 entsprechenden Werte würden sich nur um etwa 0,1 Volt unterscheiden; dagegen ist für L_3 ein Wert zu erwarten, der sich von den ersteren um mehrere Volt unterscheiden sollte.

Göttingen, den 16. November 1921.

W. Grotrian.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 15. Oktober hielt R. Graef einen Vortrag **Reisen durch Argentinien während zehn Jahre im Dienste der Landesaufnahme**. An der topographischen Aufnahme Argentiniens beteiligen sich verschiedene Behörden des Landes. In erster Linie arbeitet hier das Militärgeographische Institut des Heeresministeriums, das seit langen Jahren besteht und nach dem Muster der europäischen Landesaufnahmen ein großes Triangulationsnetz zu schaffen sucht, auf Grund dessen das Land mit dem Meßtisch aufgenommen wird. Diese Behörde hat ein Programm zur Herstellung einer Karte in 1:100 000 ausgearbeitet. Die Aufnahmen wurden hauptsächlich zunächst in der Nähe der großen Städte und Garnisonen durchgeführt. Außerdem sind weitere Itineraraufnahmen zu Manöverzwecken in dem bevölkerten Osten hergestellt worden. Im Ministerium für öffentliche Bauten werden hauptsächlich topographische Spezialaufnahmen für Bewässerungszwecke, Kanal- und Eisenbahnbaupläne gemacht. Die Grenzkommission des Ministerium des Außern hat weitere Aufnahmen in den Grenzgebieten durchgeführt. Das Landwirtschaftsministerium beteiligt sich durch zwei Abteilungen an der Landesvermessung. Die Abteilung für Staatsländereien (Tierras y Colonias) führt die Katastervermessungen der Nationalterritorien, und die Generaldirektion für Minen, Geologie und Hydrologie hat durch ihre topographische und geologische Abteilungen seit 1912 die Herstellung einer geologisch-wirtschaftlichen Karte des ganzen Landes in 1:200 000 begonnen. Die topographische Unterlage wird durch die topographische Abteilung hergestellt. Außer diesen nationalen Behörden unterhalten die autonomen Provinzen noch kleinere Vermessungsämter zu Katasterzwecken. Die größte der Provinzen, Buenos Aires, hat durch eine besondere Abteilung für Geologie und Topographie größere Teile der Provinz mit dem Tachymeter aufgenommen.

Die topographische Abteilung der Generaldirektion für Minen, Geologie und Hydrologie wurde im Jahre 1911 begründet, da die Geologen für ihre Aufnahmezwecke die baldige Herstellung einer einheitlichen Karte im Maßstabe 1:200 000 wünschten. Die Ausführung geschieht daher mit möglichst einfachen Mitteln nach dem bekannten Itinerarverfahren, unterstützt durch graphische Triangulationsarbeiten. Einige wenige astronomisch bestimmte Punkte dienen zur Orientierung im geographischen Netz. Die einzelnen Blätter sind durch Längen- und Breitengrade begrenzt,

⁵⁾ Planet-Werk, Band III, S. 42.

und zwar haben sie eine Höhe von $\frac{1}{2}$ Breitengrade und eine Länge von 45 Minuten nördlich des 42. Breitengrades und 1 Grad südlich von diesem.

Für Spezialaufnahmen des Vortragenden, die vielfach in unbekannten Gebieten erfolgten, hat sich besonders gut das stereophotogrammetrische Verfahren, das mit dem Zeißschen Phototheodoliten ausgeführt wurde, bewährt. In der Kordillere übertrifft es alle anderen Methoden, da das dort herrschende Trockenklima die günstigsten Bedingungen bietet.

Der topographischen Abteilung der Generaldirektion für Minen usw. ist es gelungen, durch Anwendung vereinfachter Vermessungsmethoden in der Zeit 1912–1921 ca. 100 000 qkm anzunehmen, davon ca. 5000 nach dem stereophotogrammetrischen Meßverfahren.

Die Geländedarstellung auf den Karten erfolgt durch Höhenlinien und verschiedene Signaturen, die eine bessere Darstellung der morphologischen Verhältnisse geben sollen, doch ist die systematische Durchführung noch nicht abgeschlossen, da es dem Topographen meist an genügender geologischer Ausbildung mangelt, die bei dem engen Zusammenhang zwischen Geologie und Topographie noch mehr gefördert werden müßte.

Im zweiten Teile seines Vortrages gab Graef unter Vorführung zahlreicher Lichtbilder eine Schilderung der von ihm durchreisten Gebiete. Die Bevölkerungsdichte des 2 900 000 qkm großen Landes beträgt nur 2,7 pro qkm, und wenn man die Hauptstadt Buenos Aires nicht berücksichtigt, die allein $\frac{1}{4}$ der ganzen Einwohnerschaft umfaßt, sogar nur 2 pro qkm. Die Eisenbahnen befinden sich meist in den Händen englischer Gesellschaften. Die kleinste, aber reichste Provinz ist Tucuman, wo durch Rodung des tropischen Urwaldes vielfach Anbauflächen für Zuckerrohr, Bananen, Apfelsinen, Reben usw. geschaffen sind. Im äußersten Norden, bei 22° Süd, grenzt die Hochebene der Puna an Bolivien, dessen Bahnnetz durch Automobilanschlüsse mit dem argentinischen in Verbindung steht. Die in Höhen von etwa 4000 m lebenden Eingeborenen bekämpfen die Bergkrankheit durch Kauen von Koka. Sie werden herzkrank, wenn sie in tiefer gelegenen Gebieten von etwa 1000 m Seehöhe leben müssen. In ganz vorzüglichen Lichtbildern wurden die interessanten Landschaftsformen des Trockenklimas vorgeführt, in dem die große Klarheit der Luft weite Fernblicke gestattet. Auf der Puna finden sich zahlreiche Salzlagunen, in deren Randgebieten auch Borax gewonnen wird. Das Salz wird mit Hilfe der Lamas bergabwärts geschafft, die als Rückfracht Mais hinauf bringen. Neben diesen Lasttieren spielt der zweiräderige, mit Maultieren bespannte Karren eine Hauptrolle als Transportmittel. Im patagonischen Chubutdistrikt wird die Wolle von der Kordillere auf wochenlangen Reisen mit Wagen, die mit 15 bis 20 Pferden bespannt sind, oder mit Ochsenwagen der südafrikanischen Buren zur Küste gebracht. — Während im Norden die Erzvorkommen das Wirtschaftsleben beherrschen, tut dies im Süden die Schafzucht. In der Provinz Neuquen, in deren mittlerem Teil jetzt eine Petroleumzone erschlossen wurde, sitzen viele deutsche Siedler als Schafzüchter. Das flache Land begünstigt den Automobilverkehr, so daß fast jeder Schafzüchter sein Automobil hat. Die Kordillere nimmt nach Süden an Höhe ab, aber trotzdem sind die Formen vielfach alpiner als im Norden. Auch die Pässe werden niedriger, und der Verkehr über dieselben nach Chile ist so leicht, daß chilenisches Geld

stellenweise mehr im Umlauf ist als argentinisches. Starke Stürme sind in Patagonien nicht selten.

Von den vielen Einzelheiten, die der Vortragende erzählte, seien die Vincucas, fliegende Wanzen von Maikäfergröße, erwähnt, die den Aufenthalt in Eingeborenenhäusern oft unerträglich machten. Die Nachricht, daß im Vorortverkehr von Buenos Aires während des Krieges die Lokomotiven mit Maiskolben geheizt wurden, konnte der Vortragende bestätigen.

O. B.

In der Sitzung am 5. November 1921 sprach Geheimrat W. Volz (Breslau) unter Vorführung zahlreicher Karten und graphischer Darstellungen über **Oberschlesien**. Es handelt sich um ein Gebiet, in dem das norddeutsche Flachland seine größte Meerferne erreicht, denn die Linie Danzig—Ratibor hat eine Länge von 500 km. Oberschlesien gehört zum System der natürlichen Schifffahrtsstraße für Schlesien, der Oder, die aber nur ein relativ schwaches Verbindungsmittel darstellt. Zwei alte Verkehrsstraßen kreuzen sich hier, die eine, in west-östlicher Richtung verlaufende, hält sich meist auf der, dem Nordrand der deutschen Mittelgebirge vorgelagerten Lößzone. Auf ihr haben sich seit Jahrhunderten wichtige Völkerwanderungen vollzogen, und auch die Mongolen sind auf diesem Wege von Osten her nach Deutschland eingefallen. Diese Straße wird von einer anderen, nord-südlich gerichteten, rechtwinklig gekreuzt, auf der schon zur Römerzeit der Bernsteinhandel von der Ostsee nach den Mittelmeerländern seinen Weg nahm. Oberschlesien ist dem Kreuzungspunkt dieser beiden Weltverkehrsstraßen benachbart. Es hat eine ausgesprochen kontinentale Lage im Herzen Mitteleuropas. Ursprünglich war es von Germanen bewohnt, die aber durch die Völkerwanderung nach Westen fortgerissen wurden. Das Land blieb nun Jahrhunderte lang menschenleer und wurde erst im 6. bis 8. Jahrhundert von Slawen besiedelt. Im 11. und 12. Jahrhundert erfolgte dann das Rückfluten der Deutschen nach Osten, im wesentlichen auf zwei bevorzugten Linien, einmal auf und an der Ostsee bis nach Petersburg, dann längs der genannten Linie am Nordrande der Mittelgebirge. Hier bildete sich in jener Zeit des Kontinentalverkehrs eine Handelsstraße aus, die von deutschen Kaufleuten benutzt wurde, in deren Gefolge die deutschen Siedler kamen. Leipzig war damals das Herz Deutschlands. Oberschlesien das Tor nach dem Osten. Aber auch kleinere Handelswege strahlten von Oberschlesien aus, z. B. die Salzstraße nach dem galizischen Wieliczka. Die damaligen Schriftsteller schildern das Land als unfreundliche, von Urwald bedeckte Gegend, so daß in Abständen von je einer Tagereise Städte angelegt wurden, die von Ringwällen umgeben waren. Während die Polen in den Wäldern hausten, schlugen die Deutschen den Wald nieder und verhalfen dem Lande mit dem von ihnen eingeführten eisernen Pflug und mit eisernem Fleiß zum Aufblühen. Am Ende des 15. Jahrhunderts war Oberschlesien ein deutsches Land, dessen Wohlstand auf der Grundlage des Handels beruhte. Schnell entwickelte sich ein reiches Geistesleben und lebhaft war das Interesse für die Reformation. Bald aber wurde das Land in die Hussiten- und Religionskriege hineingezogen, und mit dem Einbruch der Türken um 1500 die Tür nach dem Osten zugeschlagen. Breslau wurde jetzt zum Spediteur von Leipzig degradiert. Das Zeitalter der Entdeckungen, insbesondere die Entdeckung Amerikas, die Entwicklung der Hochseeschifffahrt und der Schifffahrt vom Mittelmeer nach Westeuropa waren dem Landverkehr abträglich, und

die Waren des Ostens kamen jetzt auf dem Umwege über die westeuropäischen Häfen nach Oberschlesien. So war das Land dem Rückgang preisgegeben. Besonders der dreißigjährige Krieg, die Gegenreformation sowie Auswanderung bewirkten eine Verelendung, die zur Zeit Friedrichs des Großen einen Höhepunkt erreicht hatte. Die oberschlesischen Böden, namentlich östlich der Oder, sind die unfruchtbarsten von ganz Deutschland. Westlich der Oder finden wir im Lößgebiet bessere Kulturen. Neue Verhältnisse bahnten sich erst mit der Erfindung der Dampfmaschine an und dem auf ihr beruhenden Einzug der Industrie. Schon im Mittelalter hatte ein Erzbergbau im beschränkten Maße bestanden, und Friedrich der Große baute die Anfänge der Industrie aus, um der verarmten Bevölkerung zu helfen. Im Tarnowitzer Kreise gelangte später die erste große Dampfmaschine des Kontinents zur Aufstellung, die damals als ein Wunderwerk der Technik auch von Goethe besichtigt wurde. Während die Volksdichte Oberschlesiens 1781 so groß war wie die jetzige Kleinasiens, hat sie sich seitdem verachtfacht; im Industriegebiet ist sie sogar 440mal so groß geworden.

Damit ging der Vortragende zu den heutigen wirtschaftlichen und politischen Verhältnissen über. Von polnischer Seite wird behauptet, daß diese Bevölkerungszunahme der polnischen Einwanderung zu verdanken sei. An der Hand der Statistik lieferte der Vortragende den Nachweis, daß nicht Zuwanderung, sondern der große Geburtenüberschuß die Ursache ist, und daß sogar noch etwa 10 % auswanderten. Auf oberschlesischer Erde wohnen nicht Polen, sondern ein oberschlesisches Volk, das entstanden ist aus Slawen, möglicherweise aus Slowaken, die sich seit 700 Jahren mit Deutschen vermischt haben. Die oberschlesische Sprache ist die wasserpola-kische, die sich auf der deutschen aufbaut. Hochpolnisch versteht der Oberschlesier gar nicht. Allerdings hat nun die amtliche deutsche Volkszählung den Fehler begangen, diese Oberschlesier als Polen zu zählen. Sie hat künstlich Polen geschaffen, wo es keine gab. Die Bodenschätze an Steinkohle, Zink, Eisen, Blei und Holz geben dem Lande einen unschätzbaren Wert und machen es zu einem Hauptindustriegebiet nicht nur Deutschlands, sondern der ganzen Erde.

Der Vortragende wies dann im einzelnen nach, wie ungerecht die Entscheidung des Feindbundes ist, und zu welchen Widersinnigkeiten das Auseinanderreißen des Industriegebietes führt, das in seinen ganzen Lebensbedürfnissen von Deutschland abhängt und durch Verkehrsverhältnisse, Elektrizitätsversorgung, Wasserversorgung usw. eng mit Deutschland verknüpft ist. Nur eines der vielen Beispiele sei hier angeführt:

Durch den Bergbau ist im Industriegebiet, in dem über eine Million Menschen dicht beieinander wohnen, der Grundwasserspiegel so stark gesenkt worden, daß großartige Wasserleitungsanlagen geschaffen wurden, um Nutzwasser wie Trinkwasser von weither heranzuleiten. Die neue Grenzlinie schneidet dieses komplizierte System mitten durch.

Der neue Raub deutschen Landes drückt den Anteil Deutschlands an den europäischen Kohlenvorräten auf etwa ein Drittel herab, während Frankreich durch seine Vormachtstellung in Belgien und Polen jetzt Deutschland überflügelt hat. Auch in der Roheisenerzeugung hat sich das Schwergewicht nach Frankreich verschoben, und die Frage der gesamten Rohstoffversorgung ist damit für Europa in grundlegender Weise verändert worden.

Als rein politische Ergebnisse der Teilung Oberschlesiens ergeben sich eine diplomatische Niederlage Englands und eine Lockerung des Gefüges in dem jungen polnischen Staatswesen.

Der äußerst wirkungsvolle Vortrag hielt die Versammlung ständig in Spannung und löste einen ungewöhnlich starken Beifall aus.

O. B.

Deutsche Geologische Gesellschaft.

Geheimrat *Beyschlag* sprach in der Sitzung vom 2. 11. 1921 über die **Steinkohlenablagerungen des Saalkreises**. Durch die Arbeiten des Halleschen Verbandes zur Erforschung der mitteldeutschen Bodenschätze ist das Interesse an den Steinkohlenablagerungen nördlich von Halle stark angeregt worden. Wie der Vortragende ausführte, befinden wir uns hier in einem für die Entwicklung der Geologie historischen Gebiete. *W. v. Veltheim* erkannte im Anfang des vorigen Jahrhunderts die Altersfolge der Ablagerungen im allgemeinen richtig, stellte jedoch die flözführenden Schichten von Wettin und Löbejün dem Alter nach zwischen den älteren und jüngeren Porphyry. Die gleiche Ansicht, daß der ältere Porphyry die liegendste Schicht der Gegend darstellt, finden wir auch bei *Laspeyres*, welcher im Anschluß an die geologische Kartierung der Gegend die karbonischen und rotliegenden Schichten eingehend beschrieb. Als in den 80er Jahren der fiskalische Steinkohlenbergbau sich der Erschöpfung näherte, wurden verschiedene Tiefbohrungen angesetzt, deren Untersuchung durch *v. Fritsch* in Verbindung mit einer Kartierung der oberflächlichen und bergbaulichen Aufschlüsse durch den Vortragenden zu einer Neugliederung der Schichtenfolge führte:

Zechstein,

Oberes Rotliegendes, in übergreifender Lagerung.

Unteres Rotliegendes:

Plastische Tone v. *Sennowitz* und vertonte Porphyrtuffe,

Jüngerer Porphyry mit kleinen Kristalleinschlüssen,

Sedimentäre Zwischenschichten,

Älterer Porphyry mit großen Einschlüssen.

Oberkarbon vom Alter der Ottweiler Schichten:

Wettiner Schichten mit Flözen,

Mansfelder und Grillenberger Schichten.

Den kohlenführenden Schichten wurde also ihre Stellung unter dem älteren Porphyry zugewiesen. Die Kohlenführung selbst wechselt, eine graue, produktive Fazies geht in eine rote, taube über, in der die Flöze durch Kalksteinlagen vertreten werden. Der geologische Bau der Gegend ist kurz folgender: Eine ältere, niederländisch (SW—NO) streichende Mulde, die Hallesche Karbon-Rotliegend-Mulde, breitet sich östlich der Saale zwischen Halle und Wettin-Löbejün aus; sie wird überlagert von der rechtwinklig zu ihr streichenden Mansfelder Zechstein-Trias-Mulde. Neuere Bohrungen haben ergeben, daß nördlich der Fuhne im Anschluß an die Hallesche Mulde eine zweite flözführende Mulde anzunehmen ist. Von *Weigelt* ist nun die Ansicht ausgesprochen worden, daß die Kohlenvorkommen im Innern der Halleschen Mulde bei Lettewitz, Döhlau, an der Klinke und bei Wittekind ihrem Alter nach zwischen die beiden Porphyre zu stellen seien, so daß anzunehmen sei, daß Bohrungen, welche den jüngeren Porphyry durchteufen, auf kohleführende Schichten stoßen. Der Vortragende hielt den Beweis für diese Annahme nicht für erbracht, auch die anschließende

Diskussion, in welcher *Weigelt* seine Ansichten persönlich vertrat, brachte die beiden verschiedenen Auffassungen nicht in Einklang. Jedoch ist eine baldige Klärung durch im Innern der Halleschen Mulde geplante Bohrungen zu erwarten. W. D.

Astronomische Mitteilungen.

Der Bau des Fixsternsystems. Im Jahrgang 1919 dieser Zeitschrift hat Herr *Bottlinger* versucht, den Lesern einen Einblick in die Arbeiten des Herrn *v. Seeliger* über unser Sternsystem zu ermöglichen. Inzwischen ist, vor allem angeregt durch einen Angriff des Herrn *Schouten* (On the determination of the principal laws of statistical astronomy, 1918), eine neue, in mancher Hinsicht abschließende Arbeit Herrn *v. Seeligers* erschienen (Untersuchungen über das Sternsystem, Sitz.-Ber. München 1920), die noch ein kleines Nachspiel in den Astr. Nachr. gehabt hat (*van Rhijn*, Bemerkung zu Dr. H. Seeligers „Untersuchungen über das Sternsystem“, Astr. Nachr. 213, 45, und H. Seeliger, Bemerkungen zum Aufsatz des Herrn van Rhijn in A. N. 5091, Astr. Nachr. 214, 145).

Der Bau des Sternsystems ist bestimmt durch die folgenden Funktionen: die Dichte der räumlichen Massenverteilung D , die Häufigkeitsfunktion der absoluten Leuchtkräfte $\varphi(i)$, die absolute Maximalhelligkeit H und die Absorption des Lichtes beim Durchlaufen des Raumes ψ . Beobachtungsgrundlagen sind die Sternzahlen A_m , das sind die Anzahlen aller Sterne von den hellsten bis zu einer gewissen scheinbaren Größe m ; außerdem, soweit bis heute erreichbar, die mittleren Parallaxen π_m . Das Problem läßt sich nur unter gewissen vereinfachenden Annahmen lösen, worauf hier nicht eingegangen werden soll. Der Punkt, um den es sich bei der vorliegenden Diskussion vor allem handelt, ist die von *Seeliger* als bewiesen erachtete Existenz einer Grenze des Sternsystems. Die Möglichkeit der Ableitung dieser Grenze wird wesentlich bedingt durch die Eigenschaften der Verteilungsfunktion $\varphi(i)$ und die an den beobachteten Sternzahlen feststellbaren Gesetzmäßigkeiten. Haben die i einen Höchstwert H , dann muß in den Sternzahlen A_m eine Störung auftreten, und zwar ein Sprung im zweiten Differentialquotienten, sobald jenseits einer gewissen Grenze r_1 tatsächlich keine Sterne mehr vorkommen. Man kann das leicht so einsehen: die hellsten Sterne erscheinen, wenn sie in der Entfernung r_1 stehen und wenn wir von der Absorption absehen, von einer gewissen scheinbaren Größe n (in der gebräuchlichen Skala der Größenklassen). Solange man nur die Sterne heller als n ($m < n$) betrachtet, liefern zu den A_m alle jene Sterne einen Beitrag, für welche $h_m r^2 \geq H$ ist, wenn mit h_m die der Größe m entsprechende scheinbare Helligkeit bezeichnet wird. Mit wachsendem r kommen also immer noch Sterne hinzu, wenn nur ihre absolute Helligkeit entsprechend groß ist. Anders dagegen, wenn wir zu $m > n$ übergehen. Dann ist $h_m r^2$ stets $< H$, da ja $h_n r_1^2 = H$ und $h_m < h_n$, $r \leq r_1$ ist. Der Teil von Sternen, der den Grenzen r_1 und $r = \sqrt{H/h_m}$ entspräche, kommt in Fortfall, wenn jenseits r_1 das Sternsystem sich nicht fortsetzt, und es werden daher die Sternanzahlen langsamer anwachsen müssen, sobald man die Grenze erreicht hat. In der Tat hatte *Seeliger* in seinen früheren Arbeiten eine Gesetzmäßigkeit dieser

Art nachweisen können. In der vorliegenden Arbeit benutzt er nun neueres zuverlässigeres Zahlenmaterial und findet seine früheren Ergebnisse qualitativ vollauf bestätigt. Quantitativ ergibt sich eine Verkleinerung des Sternsystems. Die Grenzen liegen in den folgenden Entfernungen:

Zone	Parallaxe	Lichtjahre	Früher
V (Milchstraße)...	0",000 28	12 000	27 000
IV	34	9 000	10 000
III	54	6 000	7 000
I (Pol d. Milchstr.)	111	3 000	5 000

Die gegen die Annahme einer Maximalhelligkeit H erhobenen Bedenken zerstreut *Seeliger* durch den Nachweis, daß es vollkommen genügt, für die Verteilungsfunktion $\varphi(i)$ eine „praktische“ Unstetigkeit, d. h. einen steilen Abfall in der Gegend von H anzunehmen um die genannten Erscheinungen zu erhalten. *van Rhijn* hat nun aber *Seeliger* eine falsche Interpretation der von ihm übernommenen Sternzahlen nachweisen zu können geglaubt. Er korrigierte seine Größenskala für die schwachen Sterne und teilte eine entsprechend korrigierte Tabelle der Sternzahlen mit. Er hat aber, was *Seeliger* in seiner Erwiderung hervorhebt, dabei übersehen, daß es sich in den Sternzahlen um zwei Störungen handelt: eine in den $\log A_m$ selbst, welche eine Folge davon ist, daß die helleren Sterne visuell, die schwachen photographisch photometriert sind; und eine zweite in den $d^2 \log A_m / dm^2$, welche in der oben angegebenen Weise von *Seeliger* interpretiert wurde. Die erstere bringt *van Rhijn* zum Verschwinden, die zweite kommt dadurch nur noch deutlicher zum Vorschein, wie man an folgenden Zahlen ersehen mag:

m	$\log A_m$	I. Diff.	II. Diff.
3	7,508 —10	525	— 8
4	8,033 —10	517	— 9
5	8,550 —10	508	— 9
6	9,058 —10	499	—12
7	9,557 —10	487	—16
8	0,044	471	—19
9	0,515	452	—26
10	0,967	426	—28
11	1,393	398	—28
12	1,791	370	—26
13	2,161	344	
14	2,505		

Man erkennt ohne weiteres den Sprung in den II. Differenzen, für den *Seeliger* durch Rechnung den Wert ableitet $0,016 \pm 0,0007$, so daß an seiner Realität nicht zu zweifeln ist. Damit ist aber auch die Existenz der Grenze des Fixsternsystems sichergestellt, soweit man unter „Fixsternsystem“ eben das Heer der durch Zählungen erfaßten Sterne begreift.

Auf weitere Einzelheiten der Arbeit *Seeligers* soll hier nicht eingegangen werden, da ein ausführliches Referat darüber demnächst in der Vierteljahrsschrift der Astr. Ges. erscheinen wird.

H. Kienle, München.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 51. (Seite 1023—1038)

23. Dezember 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Ziele und Methoden der theoretischen Physik.
Von *Hans Thirring*, Wien. S. 1023.

Ein Beitrag zur physikalischen Erklärung des
Wüschelrutenproblems. Von *Ed. Haschek*,
Wien, und *Karl F. Herzfeld*, München. (Mit
3 Abbildungen.) S. 1029.

Lupenvergrößerung, Fernrohrvergrößerung und

Vergrößerung. Von *H. Erftle*, Jena. (Mit 4 Ab-
bildungen.) S. 1033.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Ge-
bieten. S. 1037—1038.

Die Regulierung der Atemgröße. Die kleine Sand-
krabbe *Emerita analoga*. Bau und Entwicklung
des Saugwurmes *Echinostoma revolutum*.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Handbuch der Hydrologie

Wesen, Nachweis, Untersuchung und Gewinnung unterirdischer Wasser:
Quellen, Grundwasser, unterirdische Wasserläufe, Grundwasserfassungen

Von **E. Prinz**, Zivilingenieur

Mit 331 Textabbildungen. (XVI, 446 S.)

.1919. M. 36.— (u. Teuerungszuschlag)

Inhaltsübersicht:

A. Das unterirdische Wasser. — B. Quellen im allgemeinen. — C. Grundwasser.
— D. Unterirdische Wasserläufe. — E. Physikalische, chemische, bakteriologische und
biologisch-mikroskopische Untersuchung des Wassers. — F. Fassung von Grund-
wasser. — G. Wasserwirtschaft. — H. Umrechnungstafel.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für 12 Quartalshefte bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 4.— für die einspaltige Zeile angenommen.

Bei jährlich 6 73 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40/10 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C

Postcheck-Konto für Zeitschriften-Bezug und einzelne Hefte: Berlin Nr. 20720

Julius Springer Bezugsabteilung für Zeitschriften. — Postcheck-Konto für alle übrigen Zahlungen (für Anzeigen, Bücher usw.) Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Man verlange
Listen!



Projektions-Apparate Liesegang

Hochkerziges

Globoscop

entwirft scharfe, helle Lichtbilder nach jedem Papierbild. An jede elektrische Lichtleitung anzuschließen.

Neue große Lichtbilder-Sammlung
aus allen Gebieten
für Lehr- und Vortragszwecke!

Ed. Liesegang, Düsseldorf
Brieffach 124

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Gifte in der Weltgeschichte

Toxikologische, allgemeinverständliche Untersuchungen der historischen Quellen

Von

Professor Dr. L. Lewin

(XII, 596 S.) 1920. Preis M. 56.—; gebunden M. 68.— (und Teuerungszuschlag)

Inhaltsübersicht:

Die Entwicklung, Verbreitung und Verwendung der Giftkenntnisse in alter Zeit — Die Vergiftungen in ihrer Erscheinung als Krankheiten — Die Behandlung der Vergiftungen in früheren Zeiten — Die Beziehung von Gesetzen zu Gift — Vergiftungen durch Ärzte oder Laien mittels Arzneien — Giftbeibringung auf absonderlichen Wegen — Selbstmorde durch Gift — Alter und Bedeutung der Arsenverbindungen als Gifte — Hervorragende geschichtliche Menschen als Verüber oder Erdulder von Vergiftungen — Frauen als Giftkennerinnen und Vergifterinnen — Geistliche als Vergifter oder Opfer von Vergiftungen — Gifte als Kriegsmittel.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Anschaffung des

(225)

Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbleinen 1200 Mk., Auslandspreis 2400 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10 1/2 Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57 9, Potsdamer Straße 75



Die Naturwissenschaften

1915 bis 1920

zu kaufen gesucht.

Angebote unter Nw. 236 an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

(236)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

23. Dezember 1921.

Heft 51.

Ziele und Methoden der theoretischen Physik.

Von Hans Thirring, Wien¹⁾.

Anläßlich der Ansprachen, die vor drei Jahren zu Ehren von *Plancks* sechzigstem Geburtstag in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft gehalten worden sind, hat *Einstein* in geistvoller und treffender Weise über die Triebfedern gesprochen, die in den verschiedenen wissenschaftlich arbeitenden Männern wirken. Auf der untersten Stufe kamen da jene, die nur um utilitaristischer Zwecke willen ihr Opfer an Gehirnschmalz darbringen; die zweite Stufe bildeten jene, bei denen das wissenschaftliche Arbeiten eine Art Austoben der geistigen Kräfte ist, für die das Ringen mit den Problemen die Rolle einer sportlichen Betätigung bildet — und auf der dritten, höchsten Stufe stehen endlich jene, die der Wissensdrang dazu treibt, den innersten Geheimnissen der Natur nachzuspüren und sich in irgendwie adäquater Weise ein vereinfachtes und übersichtliches Bild der Welt zu gestalten. Nun kann es keinem Zweifel unterliegen, daß das Motiv jener Männer, die auf der zweiten Stufe stehen: der Drang nach Betätigung der geistigen Kräfte, viele große und wichtige Fortschritte der Wissenschaft hervorgebracht hat. Vielleicht haben gerade die dämonischsten Geister unter den Gelehrten, wahre Geistesathleten von der Größenordnung eines *Gauß* oder *Helmholtz*, unter dem Drange dieser Notwendigkeit gehandelt — und den Köpfen zweiter und dritter Ordnung, die unter diesem Impulse arbeiteten, verdanken wir sicher einen großen Teil jenes Schatzes von Erfahrungen, Beobachtungen, Rechnungen und Formeln, die einen unentbehrlichen Grundstock für die Wissenschaft bilden. Auf der anderen Seite aber birgt die Methode des Austobenlassens aller Fähigkeiten die Gefahr des Überwucherns der Gedanken in sich. Es ist ja sehr verführerisch, sich auf das Steckenpferd der Logik und der Methodik zu setzen und nun einen schönen Gedanken aus dem anderen herzuleiten und alle diese Gedanken in die richtige Ordnung zu bringen:

Da wird der Geist euch wohl dressirt,
In spanische Stiefeln eingeschnürt,
Daß er bedächtiger so fortan
Hinschleiche die Gedankenbahn.
Und nicht etwa, die Kreuz und Quer,
Irrlichtelire hin und her.

Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben,

Sucht erst den Geist heraus zu treiben,
Dann hat er die Theile in seiner Hand,
Fehlt leider! nur das geistige Band.

Encheiresin naturae nennt's die Chemie,
Spottet ihrer selbst und weiß nicht wie.

Dieser mephistophelische Spott richtet sich mit großer Berechtigung gegen alle jene, denen das Denken und Grübeln Selbstzweck geworden ist, deren Geistesprodukte ohne Kontakt mit dem Boden der lebendigen Wirklichkeit wie Seifenblasen in die Luft flattern und in kurzer Zeit in nichts zerfließen.

Um nun zu verhindern, daß auf dem Boden unserer Gedankenwelt zu viel Unkraut wuchert, ist es sicher gut, wenn wir uns von Zeit zu Zeit die ernüchternde Frage vorlegen: Wozu das alles? Wozu verschmieren wir soviel Tinte, Papier und Druckerschwärze? Wozu schwitzen wir über langwierigen Rechnungen, wozu studieren wir dickleibige Bücher, von denen wir oft die Hälfte nicht verstehen? Erst wenn wir uns darüber im Klaren sind, wenn wir unser Ziel erkannt haben, dann sollen wir unseren Gedanken wieder freien Lauf lassen, dann sollen wir die Nase unseres Steckenpferdes auf dieses Ziel hinwenden und drauflos galoppieren.

Gerade bei der theoretischen Physik brauchen wir nun nicht in Verlegenheit zu geraten, wenn wir nach dem Ziele dieser Wissenschaft gefragt werden. Denn was wäre die Physik ohne Theorie? Wenn wir nicht die theoretische Physik hätten, wenn wir die Naturtatsachen in rein deskriptiver Weise registrierten (wie es etwa *Goethe* zum großen Teil in seiner Farbenlehre machte), dann stünden wir heute mehr oder weniger hilflos einem ungeheuren Speicher voll aufgestapelter Erfahrungstatsachen gegenüber. Wir könnten zwar in diesem Speicher in rein bürokratischer Weise eine gewisse Ordnung einführen; wir wären aber weit entfernt davon, die Zusammenhänge der Naturerscheinungen so zu verstehen, wie wir es tatsächlich mit Hilfe der theoretischen Physik vermögen. Der Zweck der theoretischen Physik ist es also, die Unsumme der Erfahrungstatsachen, die uns die Arbeit der Experimentalphysiker beschert hat, unter einen Hut zu bringen, von großen Gesichtspunkten ausgehend zu ordnen und zu verstehen. Dieses angestrebte Ziel wird gerade von der theoretischen Physik in so vollendeter Weise erreicht wie von keiner anderen Disziplin der Naturwissenschaften. Denn, von einer ganz

¹⁾ Antrittsvorlesung an der Universität Wien, gehalten am 25. 4. 1921.

kleinen Anzahl von Grundsätzen ausgehend, kann man in der Physik auf mathematisch deduktivem Wege fast alle speziellen Gesetze ableiten, nachdem die einzelnen Vorgänge der unbelebten Natur verlaufen. Wir brauchen nur die Newtonschen Grundgesetze der Mechanik, die drei Hauptsätze der Wärmelehre und die Maxwell-Lorentz'schen Gleichungen der Elektrodynamik herzunehmen, um durch entsprechende Deduktionen ein kolossales Erfahrungsgebiet theoretisch beherrschen und verstehen zu können. Es ist kaum übertrieben, wenn man behauptet: Ein Student könnte sich alle voneinander unabhängigen Grundgesetze der Physik auf der Rückseite einer Visitkarte notieren und in der Westentasche nach Hause tragen. Wenn er dann nur die Technik der mathematischen Anwendung dieser Gesetze genügend beherrscht, so kann er mit Hilfe seines Visitkartenlexikons so gut wie alle praktisch in Betracht kommenden physikalischen Phänomene qualitativ und quantitativ beschreiben, ja sogar vorhersagen. Das Erlernen dieser Technik des Anwendens der physikalischen Formeln erfordert nun allerdings Zeit, und deswegen ist es z. B. gar nicht zu viel, wenn ein Kursus über theoretische Physik für einen Zeitraum von drei oder vier Jahren angelegt wird — das ändert aber nichts an der Tatsache, daß, im Prinzip genommen, jene Art der Naturbeschreibung, wie sie in der theoretischen Physik vorgenommen wird, die rationellste und in denkökonomischer Hinsicht die vollendetste ist, die wir kennen. Denn mehr kann man ja wirklich nicht verlangen, als daß die große Summe unserer physikalischen Erfahrungen in ein paar kurze Formeln zusammengefaßt wird, aus denen sich dann die einzelnen Tatsachen auf deduktivem Wege herleiten lassen.

Es liegt nun nahe, zu vermuten, daß diese in der theoretischen Physik verwendete Art der Naturbeschreibung, die nach dem eben Gesagten die einfachste von allen ist, die wir kennen, gleichzeitig auch die einzig mögliche wäre. Machen wir einmal die Fiktion, es gebe auf dem Mars intelligente Lebewesen, die ihrer Konstitution nach den Menschen ähnlich wären (was übrigens von vornherein äußerst unwahrscheinlich ist), und fragen wir nun, was für Berührungspunkte die Geisteskultur dieser Martier mit der unseren haben könnte. Da ist es nun von vornherein klar, daß die Sitten und Rechtsbegriffe und alle Arten der „humanistischen“ Wissenschaften auf dem Mars ganz grundverschieden von den unseren aussehen würden — bloß von der Mathematik und von der theoretischen Physik könnte man wohl vermuten, daß sie nicht anders ausfallen können als bei uns. Denn daß $2 \times 2 = 4$ ist, muß in der Tat auf der ganzen Welt gelten, und auch die Grundgesetze der Physik, wie etwa das Newtonsche Gravitationsgesetz oder der Satz, daß die Kraft gleich Masse mal Beschleunigung ist, müssen überall gelten. Wir könnten uns also einbilden, daß die Mathe-

matik und die theoretische Physik gewissermaßen universelle Wissenschaften seien, derart z. B., daß ein auf der Erde sorgfältig vorbereiteter Student aus diesen Fächern ohne weiteres auch auf dem Mars seine Prüfungen ablegen könnte.

Nun diese Ansicht würde sich aber doch als irrig erweisen. Denn, wenn auch die *Tatsachen* auf der Erde und auf dem Mars die gleichen bleiben, so ist doch zu erwarten, daß die *Begriffe*, mit denen diese Tatsachen dem Geiste einverleibt werden, hier und dort ganz verschieden wären. Schon das kleine Einmaleins könnte auf dem Mars ganz anders aussehen als bei uns, insofern als nicht das dekadische, sondern etwa das dodekadische System dem elementaren Rechnen zugrunde gelegt sein könnte. Und je höher wir in die Mathematik hinaufsteigen, desto mehr würde sich diese Differenzierung fühlbar machen. An Stelle des Integralbegriffes würden die Martier vielleicht einen allgemeineren Begriff, etwa nach Art des Lebecq'schen Integrales, verwenden; an Stelle der analytischen Geometrie vielleicht eine Art geometria intrinseca oder noch etwas ganz anderes — wir können uns gar nicht von unseren vererbten und erlernten Begriffen genügend emanzipieren, um uns ausmalen zu können, auf wievielerlei Arten man noch Mathematik betreiben könnte. Wahrscheinlich ist aber, daß der beste irdische Mathematiker bei einem Rigorosum auf dem Mars mit Glanz durchfallen würde und vice versa.

In verstärktem Maße gilt dies nun noch für die theoretische Physik. Natürlich ist auch auf dem Mars die Kraft gleich Masse mal Beschleunigung — die Frage ist nur, ob die martische theoretische Physik die Begriffe: Kraft, Masse und Beschleunigung überhaupt kennen würde. Daß man ohne diese Begriffe die betreffenden Erscheinungen genau so gut — ja sogar noch besser — beschreiben kann, haben wir in den letzten Jahren aus der allgemeinen Relativitätstheorie gelernt. In der Tat operiert ja die Einsteinsche Gravitationstheorie mit prinzipiell ganz anderen Begriffen: an Stelle der Kräfte tritt gewissermaßen die Weltkrümmung; statt über die Beschleunigungen wird über die Weltlinien eine Aussage gemacht; an Stelle der Masse tritt der Energietensor der Materie — kurz, man sieht: es geht auch ganz anders. Und wenn der Entwicklungsgang der menschlichen Physik nicht über *Galilei* und *Newton* geführt hätte, so wären uns vielleicht selber die Begriffe Kraft und Masse völlig fremd geblieben.

Aus alldem geht hervor, daß auch in der objektivsten aller Wissenschaften viel subjektives, menschliches Beiwerk drin steckt. Wir stehen, ohne daß wir uns gewöhnlich dessen bewußt sind, doch immer im Banne der ererbten Ideen; wir arbeiten mit den übernommenen Begriffen an dem rein menschlichen Flickwerk unserer Naturerkenntnisse weiter. Da nun also die menschliche theoretische Physik nicht die einzig mögliche ist,

sondern nur eine von vielen Möglichkeiten, so ist natürlich auch mit fast völliger Sicherheit zu vermuten, daß sie weitaus nicht die beste und rationellste unter allen möglichen sei. Wohlgedenkt: die von unserer theoretischen Physik gelieferte Art der Naturbeschreibung ist zweifellos die rationellste von allen innerhalb der den Menschen bekannten Naturwissenschaften, sie ist aber nicht die beste von allen, die überhaupt möglich wären. Es wird daher eine dankbare Aufgabe für einen zukünftigen Naturphilosophen (der aber sehr viel Physik können müßte!) sein, zu untersuchen, welche möglichen Arten von mathematischer Beschreibung physikalischer Phänomene es gäbe und welche davon die rationellste wäre. Ich zweifle nicht, daß eine derartige grundlegende Reform der theoretischen Physik, die ganz neue Begriffe einführen müßte, im Laufe der nächsten Jahrhunderte stattfinden wird, — diese Reform aber jetzt schon durchzuführen, wäre verfrüht, denn wir haben noch reichlich genug zu tun, um die laufenden, sehr wichtigen Probleme unserer heutigen Physik zu erledigen.

Lassen wir also die Frage nach der absolut rationellsten Art der Naturbeschreibung Zukunfts- musik sein und betrachten wir bloß einmal vergleichend die Methoden der gegenwärtigen theoretischen Physik. Da finden wir nun eng aneinander grenzend Betrachtungsweisen, die voneinander völlig verschieden sind, die gewissermaßen ganz andere Sprachen reden. Dieser grundlegende Unterschied ist dabei nicht so sehr bedingt dadurch, daß die betrachteten physikalischen Erscheinungen ganz verschieden sind, sondern vielmehr dadurch, daß die betreffenden Betrachtungsweisen einer ganz anderen physikalischen Schule entstammen, eine ganz andere Entwicklung durchgemacht haben.

Wenn man nun die verschiedenen Zweige der Physik nicht nach den behandelten Gegenständen, sondern nach dem Typus der Betrachtungsweise einteilen sollte, so würde ich die folgende Verteilung vorschlagen:

- I. Mechanik, Elektrodynamik, physikalische Optik,
- II. Thermodynamik,
- III. Atomistik (kinetische Gastheorie, Raumgittertheorie der Kristalle usw.), Quantentheorie,
- IV. Relativitätstheorie.

Diese vier Gattungen von theoretischer Physik greifen hinsichtlich der behandelten physikalischen Erscheinungen vielfach ineinander über. Die Thermodynamik beschäftigt sich zum Teil mit den gleichen Problemen wie die kinetische Gastheorie; die Atomistik im allgemeinen außerdem mit Problemen der Elektrizität, sie verwendet zum Teil wiederum Gesetze der Mechanik und der Elektrodynamik; die Relativitätstheorie behandelt überhaupt die gleichen Probleme wie die Theorien der ersten Gruppe — dennoch haben wir es aber hier in methodischer Hinsicht mit ver-

schiedenen Arten von Physik zu tun. Wir wollen im folgenden in aller Kürze die charakteristischen Merkmale dieser vier Teilgebiete der theoretischen Physik skizzieren.

In der *Mechanik*, (klassischer) *Gravitationstheorie* und *Elektrodynamik* handelt es sich im wesentlichen um zwei Fundamentalprobleme: 1. Bei einer gegebenen räumlichen Verteilung von gravitierenden Massen oder von elektrischen bzw. magnetischen Ladungen sind die Kräfte in der Umgebung dieser Massen bzw. Ladungen zu berechnen. 2. Bei gegebenen Kräften ist die Bewegung der Körper unter dem Einfluß dieser Kräfte zu studieren. Das erste Problem wird im allgemeinen durch Integration einer partiellen Differentialgleichung zweiter Ordnung, der Poissonschen Gleichung (bzw. ihrer Verallgemeinerung in der Elektrodynamik) gelöst; das zweite durch Integration jenes Systems von totalen Differentialgleichungen zweiter Ordnung, die ausdrücken, daß der Kraftvektor gleich der Masse mal dem Beschleunigungsvektor ist. Bei vielen Problemen der Elektrizität und bei fast allen Problemen der physikalischen Optik interessiert man sich nur für den ersten Teil der Frage, nämlich jener nach den Kräften. Denn, da gemäß der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie ein Lichtstrahl nichts anderes ist als ein elektromagnetisches Wechselfeld, so wird eine entsprechende Formel, die uns die elektrische und magnetische Feldstärke als Funktion von Ort und Zeit angibt, einen Lichtstrahl nach Farbe, Intensität und Polarisationszustand eindeutig beschreiben. So wird also z. B. irgendein Beugungsproblem des Lichtes so behandelt, daß man die Potentialgleichungen der Elektrodynamik unter bestimmten Randbedingungen integriert. — Man hat es also in der ersten Gruppe mit Problemen zu tun, die hinsichtlich der behandelten physikalischen Erscheinungen voneinander grundverschieden sind, die aber dem Wesen der Fragestellung nach und in bezug auf die mathematische Behandlung miteinander auf das innigste verwandt sind.

Wenn wir hingegen zur zweiten Gruppe kommen, also den Boden der *Thermodynamik* betreten, so gelangen wir überhaupt in eine ganz andere Gedankenwelt. Zunächst handelt es sich hier schon um ganz verschiedene Begriffe. An Stelle von Kräften, Massen, Ladungen und Bewegungen haben wir es mit Begriffen wie Temperatur, Wärmemenge, Entropie, freie Energie usw. zu tun. Aber nicht nur die Begriffe sind ganz neue; auch das Wesen der mathematischen Behandlung ist grundverschieden. Die Mechanik und Elektrodynamik gehen von positiven Aussagen aus: wenn eine bestimmte Verteilung von Massen oder Ladungen gegeben ist, dann werden die Kräfte so und so sein; wenn bestimmte Kräfte wirken, dann werden die und die Bewegungen

resultieren. Die Hauptsätze der Thermodynamik hingegen lassen sich am konzisesten in die Form von negativen Aussagen bringen. Wenn man Schlagworte gebrauchen wollte, so könnte man die Thermodynamik als die Lehre von den Unmöglichkeiten in der Physik bezeichnen. Denn die beiden ersten Hauptsätze werden jetzt meist in der Form ausgesprochen: Es gibt kein perpetuum mobile erster bzw. zweiter Art. (In einer für den Laien mehr verständlichen, allerdings weniger präzisen Form hieße der zweite Hauptsatz: es ist unmöglich, daß Wärme von selbst von einem kälteren Körper zu einem wärmeren Körper strömt.) Und der dritte Hauptsatz (Nernstsches Wärmetheorem) enthält im wesentlichen die Aussage, daß es unmöglich sei, den absoluten Nullpunkt der Temperatur zu erreichen.

Man kann es nun als einen der größten Erfolge der theoretischen Physik bezeichnen, daß es gelungen ist, aus diesen lapidar einfachen Sätzen, die durch unsere besten Erfahrungen gestützt sind, auf rein mathematisch deduktivem Wege eine Reihe weiterer Gesetze herzuleiten, die für Wissenschaft und Technik in gleicher Weise wichtig sind. Unsere Wärme- und Kälteindustrie, die Technik der Wärmekraftmaschinen, die physikalische Chemie usw. operieren fortwährend mit Formeln, die letzten Endes aus den oben angeführten Hauptsätzen der Thermodynamik deduziert worden sind. Das Schöne dabei ist, daß mit einem relativ ganz geringen Aufwand an Mathematik weittragende Resultate hergeleitet werden können, deren logische Deszendenz von den thermodynamischen Hauptsätzen man ohne Hilfe der Mathematik doch nie einsehen würde. Es sei da nur an die Gibbssche Phasenregel erinnert, die eine überraschend einfache und bestimmte Aussage enthält und der man es durchaus nicht ansieht, daß sie bloß eine Folgerung aus den Gesetzen der Unmöglichkeit eines perpetuum mobile erster und zweiter Art ist. Es ist zweifellos ein unvergleichlicher Vorzug der Thermodynamik, daß sie gewissermaßen eine hypothesenfreie Wissenschaft ist. Alle ihre Gesetze leiten sich aus gut fundierten Erfahrungstatsachen ab; die Thermodynamik ist in bezug auf die beschränkte Zahl der Grundvoraussetzungen der klassischen Mechanik ebenbürtig; in bezug auf die Einfachheit der mathematischen Deduktionen sogar überlegen, so daß man, vom rein *methodischen* Standpunkt aus, der Thermodynamik unter allen Teilgebieten der theoretischen Physik die Palme reichen könnte. Dieser große Vorzug wurde nun auch von den Verfechtern der rein thermodynamischen Methoden in der Physik (es seien da nur die Namen *Mach* und *Ostwald* angeführt) mit aller Energie gegenüber der kinetischen Gastheorie im besonderen und der Atomistik im allgemeinen ins Treffen geführt, derart, daß in der Tat um die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts die Atomistiker einen schweren Stand hatten und Männer wie *Boltz-*

mann ihre ganze Autorität aufbringen mußten, um das Recht der atomistischen Betrachtungsweise durchzusetzen.

Heute hat sich nun allerdings die Sachlage vollkommen geändert. In unserer heutigen Epoche der Elektronentheorie, die durch die Entdeckung der Röntgenstrahlen und der radioaktiven Erscheinungen eingeleitet wurde, ist die Atomistik der Materie und der Elektrizität so zu Ehren gekommen, daß das Interesse des größten Teiles der jungen Physiker auf die Probleme der Atomtheorie bzw. Quantentheorie konzentriert ist — die Thermodynamik ist dagegen vollkommen in den Hintergrund getreten; sie ist gleichsam aus der Mode gekommen. So sehr es nun einerseits begreiflich ist, daß man, angesichts der großen Erfolge der Atomistik aus der letzten Zeit, sich in erster Linie mit ihr beschäftigt, wäre es doch andererseits bedauerlich, wenn man die klassische Thermodynamik als abgetan betrachtete oder nur als ein phänomenologisches Korollar zur Statistik duldete. Insbesondere für den studierenden jungen Physiker wird eine eingehende Beschäftigung mit dem straff logischen Gedankenbau der Thermodynamik sehr zuträglich sein, denn sie ist doch das Musterbeispiel dafür, wie man aus ein paar gesicherten Erfahrungstatsachen ohne weitere Hypothesen eine große und wichtige Theorie aufbauen kann.

Wenden wir uns nun der dritten Gruppe unseres Schemas zu, die die *Atomistik* der Materie und Elektrizität sowie die *Mystik* der Strahlung, die *Quantentheorie* enthält. Hier befinden wir uns allerdings auf einem viel schwankenderen Boden als bei der Mechanik oder Thermodynamik. Statt von wenigen gesicherten Erfahrungstatsachen gehen wir von einer ziemlich großen Zahl von Hypothesen aus, die von vornherein mehr oder weniger freie Geburten unserer Phantasie sind und bei denen es sich eigentlich immer erst im Nachhinein ergeben kann, ob wir das Richtige erraten haben oder nicht. Daß die Atomistik sich trotz dieser offenkundigen methodischen Mängel in den letzten Jahren so glänzend durchgesetzt hat, liegt an den praktischen Erfolgen, die sie unzweifelhaft errungen hat. Wir sind eben in der Erforschung des Mikrokosmos ein gutes Stück weitergekommen und haben begründete Aussicht, in den nächsten Jahrzehnten noch viel weiter zu kommen. Das ist eine Leistung, die absolut nicht minder zu werten ist als irgendein methodischer Fortschritt in der Behandlung eines Gebietes. Die Gegner der Atomistik, unter denen sich ja auch so vorzüglich klare Köpfe wie *Mach* befunden haben, übersahen meist eines: daß es eben nicht allein Aufgabe der Physik ist, die manifesten physikalischen Erscheinungen des Makrokosmos zu ordnen und in denkökonomischer Weise zu beschreiben, sondern auch in jene physikalischen Erscheinungsgebiete einzudringen, die unseren Sinnen nicht unmittel-

bar, sondern nur mittelbar zugänglich sind — z. B. also in das Gebiet der Atome und Moleküle der Körper. Daß wir die hier geltenden Gesetze nicht auf streng deduktivem Wege eindeutig aus den Erfahrungstatsachen, der makroskopischen Physik herleiten können, liegt eben in der Natur der Sache. Wir müssen also schrittweise und versuchsweise tastend Hypothesen über die Konstitution der kleinsten Teilchen und über die in ihnen wirkenden Kräfte machen, müssen dann berechnen, welche makroskopischen Erscheinungen daraus mit Notwendigkeit zu folgern sind, und nachträglich untersuchen, ob diese Erscheinungen erfahrungsgemäß auch wirklich eintreten. Bei dieser Probiermethode wird es naturgemäß immer eine Anzahl von Fehlresultaten geben, das darf aber den Forscher nicht abschrecken, weiter zu probieren, bis er schließlich das Richtige errät.

Ich möchte darauf Wert legen, vollkommen klar zu machen, daß man es in der Thermodynamik und in der Atomistik in methodischer Hinsicht tatsächlich mit ganz und gar verschiedenen Wissenschaften zu tun hat, die untereinander vielleicht mehr verschieden sind als Assyriologie und Botanik. In der Thermodynamik geht man von bestimmten Erfahrungstatsachen aus und deduziert daraus rein logisch all das, was sich eben logisch und mathematisch aus ihnen folgern läßt. Der Vorteil dabei ist, daß man sich auf die Richtigkeit der deduzierten Resultate vollkommen verlassen kann — nur ist eben die Summe der neuen Erkenntnisse, die man daraus gewinnen kann, eine beschränkte. Nicht alle Rätsel, die einen interessieren, lassen sich auf diesem Wege lösen. — Die Atomistik und die Quantentheorie sind hingegen Wissenschaften der Phantasie; sie erinnern in gewisser Hinsicht an die Wissenschaften des Altertums und des Mittelalters. Die Griechen haben viel mit Phantasie gearbeitet, und noch mehr haben das vielleicht unsere Vorfahren im Mittelalter getan. Wenn irgendeinem heiligen Manne, der nur genügend Autorität unter seinen Kirchenbrüdern besaß, eine Erleuchtung kam, so wurde flugs daraus ein göttliches Dogma gemacht — und in mancher Hinsicht ähnlich geschieht das heute in der Physik auch noch. Bloß arbeitet man jetzt eben rationeller und läßt sich die Dogmen nur so lange gefallen, als sich aus ihnen fruchtbare Folgerungen ziehen lassen, die mit der Erfahrung in Einklang stehen.

Ein derart gottbegnadeter Mann, dem es allem Anscheine nach in der Tat gelingt, auf rein intuitivem Wege die Geheimnisse des Mikrokosmos aufzuspüren, ist jener Physiker, dessen Arbeiten der theoretischen Atomistik derzeit den stärksten Impuls erteilt haben, nämlich *Niels Bohr* in Kopenhagen. Die Bohrsche Theorie der Serienspektren ist nicht so sehr auf sicherem deduktiven Wege aus den Erfahrungstatsachen, als vielmehr in intuitiver Weise aus der Phantasie seines Kopfes

entsprungen. Solange sie sich aber an der Erfahrung bewährt und uns dazu verhilft, das bisher rätselhafte Labyrinth der Serienspektren zu entwirren, haben wir gar keinen Grund, nach der Herkunft ihrer Gesetze zu fragen. Es wäre ganz verfehlt, mit einem gewissen Hochmut vor der Phantasiephysik abseits stehen zu bleiben und an der modernen Forschungsrichtung nicht mitzuarbeiten. Wer das tut, der fehlt eben in der vordersten Reihe jener Pioniere der Wissenschaft, die den Weg in das unbekannte Land des Mikrokosmos eröffnen. Selbst wenn alle unsere heutigen Vorstellungen über den Atombau sich als irrig erweisen sollten, so hätten doch die diesbezüglichen Spekulationen den großen Wert, daß sie Anregung zu soundsovielen wichtigen Experimenten gegeben haben. Wollen wir uns bloß einmal vergegenwärtigen, welche bedeutenden Fortschritte auf dem Gebiete der Atomforschung während der letzten paar Jahre gemacht worden sind. Da haben wir zunächst die *Lauesche* Entdeckung der Röntgenstrahlinterferenzen an Kristallen und die durch sie ermöglichte, von *Bragg* in glänzender Weise durchgeführte Bestimmung der Atomgitter für eine Reihe von Kristallen. Ferner die ebenfalls durch diese Entdeckung ins Leben gerufene Röntgenspektroskopie, die sich in vieler Hinsicht als noch wichtiger und interessanter erwiesen hat als die optische Spektralanalyse. Es ist *Sommerfeld* mit Hilfe der Bohrschen Theorie gelungen, das Auftreten der einzelnen Spektrallinien der charakteristischen Röntgenstrahlen theoretisch zu deuten, und darüber hinaus hat man Anhaltspunkte zur Entwirrung der optischen Serienspektren gewonnen, die, wie oben erwähnt, bis dahin ein völlig dunkles Labyrinth bildeten. Weiter wäre zu erwähnen die gelungene Trennung von Isotopengemischen, die eine völlige Revolution der bis vor kurzem geltenden Grundanschauungen der Chemie bedeutet, und schließlich die von *Rutherford* entdeckte Zertrümmerung von Atomkernen mit Hilfe von α -Strahlen.

All das ist aber nur ein Anfang. Man kann mit voller Sicherheit voraussagen, daß die kommenden Jahrzehnte nicht weniger reich an Entdeckungen und neuen Erkenntnissen sein werden. Man muß also die gegenwärtige Epoche in der Physik unbedingt als eine Blütezeit sondergleichen betrachten — und sie steht eben zweifellos im Zeichen der Atomistik. An dieser Entwicklung heißt es eben mitarbeiten — selbst auf die Gefahr hin, daß man sich einmal vergaloppiert und gelegentlich auch ein verfehltes Atommodell entwirft: probieren geht über studieren. Auch negative Resultate können mitunter der Forschung förderlich sein, wenn ein für allemal festgestellt wird, daß dieser oder jener Weg ungangbar ist.

Wir wollen nun schließlich die vierte Gruppe betrachten, in die ich die Einsteinsche spezielle

und allgemeine Relativitätstheorie gestellt habe. Wenn man diese Theorie nur hinsichtlich ihrer praktischen Resultate betrachtete, so müßte man die spezielle Relativitätstheorie als eine leichte Modifikation der Maxwellschen Theorie der Elektrizität und die allgemeine Relativitätstheorie als eine geringfügige Erweiterung der Newtonschen Gravitationstheorie und Mechanik ansehen; ihre Zuordnung in eine eigene Gruppe wäre dann nicht gerechtfertigt. Nun kommt es uns aber, wie schon erwähnt, bei unserem Einteilungsprinzip der Methoden nicht auf die behandelten Gegenstände und nicht auf die rechnerischen Resultate an, sondern auf den Typus der Gedankengänge — und von diesem Gesichtspunkte aus scheint es mir wohl gerechtfertigt, die Relativitätstheorie in eine eigene Gruppe zu stellen. Was zunächst die spezielle Relativitätstheorie anlangt, so erinnert sie in vieler Hinsicht eigentlich am meisten an die Thermodynamik. Hier und dort werden ein paar Erfahrungstatsachen in die Denkmachine der Logik und Mathematik eingespant und es werden die notwendigen Folgerungen aus den experimentell gegebenen Grundvoraussetzungen gezogen. Der Unterschied liegt nur darin, daß bei der Thermodynamik die Konsequenzen rein physikalischer Natur sind und innerhalb unserer alltäglichen Ideenwelt ohne weiteres verständlich sind. Die Relativitätstheorie ist hingegen revolutionär; die Folgerungen, die sich aus jenen Erfahrungstatsachen ergeben, die die Grundpfeiler dieser Theorie bilden, stoßen unsere geläufigen Denkgewohnheiten um. Der Sachverhalt ist kurz gesagt der folgende: Zwei Erfahrungstatsachen, die auf Grund zahlreicher Experimente als gesichert gelten können (man nennt sie das Relativitätsprinzip und das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit), widersprechen einander, solange man an den herkömmlichen Begriffen von Raum und Zeit festhält. *Einstein* legte nun dar, daß wir ja keineswegs verpflichtet sind, an dieser Raum-Zeit-Auffassung wie an einer göttlichen Offenbarung festzuhalten, und er zeigte nun, wie man diese Anschauungen modifizieren müsse, damit die beiden genannten Erfahrungstatsachen miteinander verträglich werden. Insofern also die spezielle Relativitätstheorie nichts anderes ist als der Inbegriff aller logischen bzw. mathematischen Folgerungen aus zwei Erfahrungstatsachen, ist sie eine Wissenschaft vom Typus der Thermodynamik. Immerhin scheint mir aber die Tatsache, daß diese Folgerungen sich nicht allein auf physikalische Erscheinungen, sondern auch auf erkenntnistheoretisch wichtige Ideen und Tatsachen beziehen, so wichtig, daß dieser Theorie eine Sonderstellung einzuräumen ist.

Die allgemeine Relativitätstheorie stellt nun schon einen Teil jener Reformphysik dar, von der ich früher gesprochen habe; sie verwendet Begriffe, die dem Mathematiker zwar schon lange geläufig waren, dem Physiker hingegen etwas

Neues sind. Sie enthält Ideen von weltumspannender Tragweite im wörtlichen Sinne, und ihre Aufstellung ist, als reine Geistesleistung gewertet, eine ganz überragende Tat. Es ist zwar sehr schwer, vollkommen heterogene Geistestaten wie die eines Künstlers, eines Gelehrten und eines Staatsmannes gegeneinander abzuschätzen — bei der Relativitätstheorie haben wir es aber mit einer Geistesleistung von solcher Größenordnung zu tun, daß der für einen Gelehrten ganz ungewöhnliche Weltruf, den *Einstein* genießt, vollauf berechtigt ist und neidlos anerkannt werden sollte. Andererseits muß man jedem jungen Physiker anraten, sich nicht zu einseitig und zu ausschließlich mit der Relativitätstheorie zu beschäftigen. Die Revolution der Ideen auf diesem Gebiete ist von *Einstein* eingeleitet und von ihm selbst auch schon zu einem gewissen Abschluß gebracht worden. Es ist daher meiner Ansicht nach nicht wahrscheinlich, daß man im Laufe der nächsten Zeit auf Grund der Relativitätstheorie allein zu bemerkenswerten neuen Erkenntnissen gelangen wird. — Allerdings sind derartige negative Prophezeiungen immer mit großem Vorbehalt zu machen; man kann sich da leicht gewaltig irren. Sicher scheint es mir aber zu sein, daß wir noch große Entdeckungen auf dem Gebiete der Quantentheorie und Atomistik erleben werden. Wer also dieses Gebiet gründlich durchackert, kann vielleicht reiche Ernte finden.

Soweit also in kurzen Andeutungen die charakteristischen Merkmale der verschiedenen Methoden der theoretischen Physik. Wie man sieht, haben wir da eine gewisse Auswahl von prinzipiell ganz verschiedenen Arbeitsmethoden vor uns. Der Forscher wird sich natürlich zweckmäßigerweise auf eine dieser Methoden mehr oder weniger spezialisieren. Ein guter Lehrer muß aber bestrebt sein, in allen diesen Methoden bis zu einem gewissen Grade sattelfest zu sein und muß ihnen vor allem in gleicher Weise Gerechtigkeit widerfahren lassen.

Schließlich sei noch betont, daß das unentbehrliche Hilfsmittel bei allen diesen Methoden die höhere Mathematik ist. Man kann also dem jungen studierenden Physiker nicht warm genug anempfehlen, sich die Kenntnis jener Zweige der Mathematik, die für den Physiker in erster Linie wichtig sind, möglichst rasch und gründlich anzueignen. Es sind dies: Differential- und Integralrechnung, Differentialgleichungen, Funktionentheorie, Differentialgeometrie, Vektor- und Tensoranalysis. Je gediegener da seine Kenntnisse sind, desto leichter wird ihm das Studium der theoretischen Physik fallen. Den bekannten Ausspruch *Nothnagels* variierend, wollen wir daher sagen: Nur ein guter Mathematiker kann ein guter theoretischer Physiker sein.

Ein Beitrag zur physikalischen Erklärung des Wüschelrutenproblems.

Von Ed. Haschek, Wien, und Karl F. Herzfeld, München.

Seit längerer Zeit wogt der Kampf der Meinungen über das Phänomen der Wüschelrute hin und her. Neben begeisterten Anhängern melden sich immer wieder entschiedene Gegner zum Wort, ohne daß es zu einer eindeutigen Entscheidung der Frage käme. Im verflochtenen Kriege nun kam die Wüschelrute zu intensiver Verwendung und es hat sich neben manchem Versagen eine stattliche Reihe von Tatsachen zugunsten der Wüschelrute ergeben, so daß es uns angezeigt erschien, die Methoden der physikalischen Forschung auf dieses Problem anzuwenden und zu fragen, welche objektive, physikalisch definierbare Erscheinung etwa die Beeinflussung des Rutengängers zur Folge haben könnte. Ein günstiger Umstand kam uns dabei insofern zustatten, als wir in Herrn Bergrat Dr. Waagen, Chefgeologen der Geologischen Reichsanstalt in Wien, einen geübten und sehr empfindlichen Rutengänger fanden, der sich uns in uneigennützigster Weise zu den oft mühsamen und langwierigen Versuchen, die für ihn auch mit beträchtlichem körperlichen Unbehagen verknüpft waren, zur Verfügung stellte. Es ist dies um so mehr zu begrüßen, als Herr Bergrat Waagen als Geologe seiner Fähigkeit und deren Erfolge wissenschaftliche Kritik anzulegen gewöhnt ist, aber doch wieder physikalisch genügend Laie ist, um durch die Versuchsanordnung unbeeinflusst zu bleiben. Wir sind ihm für seine Mitwirkung zu größtem Danke verpflichtet.

Zunächst seien einige Worte über die *Empfindungen des Rutengängers* selbst gestattet. Dr. Waagen gibt an, daß er beim Passieren eines wirksamen Objektes hauptsächlich in den Unterarmen eine nicht näher beschreibbare Empfindung hat, die er als nervöse Reizung oder Spannung bezeichnet. Sie tritt besonders deutlich ein, wenn er bei unter etwa 90° abgebeugten Unterarmen die Rute mit festem Druck hält und dabei die Armuskulatur spannt, weniger deutlich unter den gleichen Umständen ohne Rute. Die Aufmerksamkeit muß dabei „auf die Rute“ gerichtet sein; tatsächlich ergaben auch gelegentlich angestellte Versuche eine deutliche Abnahme der Empfänglichkeit, wenn irgendwelche Maßnahmen an den Armen die Konzentration der Aufmerksamkeit störten, also etwa Anlegen von Handschuhen, Umhüllen der Arme mit leitenden oder isolierenden Materialien, Zubinden der Ärmel u. dgl. Weiters gab Herr Bergrat Waagen an, daß nervöse Überreiztheit als Folge körperlicher Zustände, im Gefolge von föhnigem Wetter u. dgl. die Empfindlichkeit bis zu Null herabzusetzen vermag, während eine leichte Anregung des Nervensystems, etwa nach mäßigem Alkoholgenuß, sie steigert. Die Rute selbst dürfte durch

die mehr oder weniger unbewußt variierenden Kontraktionen und Entspannungen der Muskel in Bewegung gesetzt werden und spielt keine andere Rolle als irgendein Zeiger an einem Instrument, der sonst nicht wahrnehmbare Bewegungen sichtbar zu machen hat. Es ist daher auch Material, Größe und Form der Rute ziemlich irrelevant, es wählt nur jeder Rutengänger nach Geschmack und Bequemlichkeit irgendeine Rutenform als „beste“ aus.

Bergrat Waagen benutzt eine sogenannte Spiralarute. Sie ist eine Drahtspirale, etwa 50 cm lang und 1,5 cm im Durchmesser, aus ungefähr 1 mm starkem Draht, so wie sie in größeren technischen Rheostaten verwendet werden. Sie wird so gehalten, daß sie U-Form hat (Fig. 1). Andere Rutengänger verwenden einen Stahldraht von etwa 4 mm Durchmesser, der in eine Schlinge gebogen ist (Fig. 2).

Es sei noch erwähnt, daß Dr. Waagen — wie übrigens auch zahlreiche andere Rutengänger — je nach der wirkenden Substanz „spezifische Ausschläge“ bekommt. Er identifiziert auf diese Weise das Material der wirkenden Substanz nach Drehungssinn und Größe des Ausschlags.

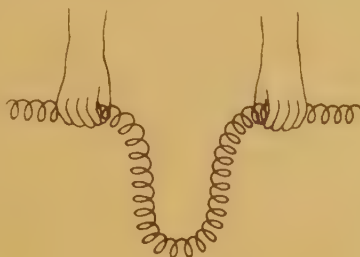


Fig. 1.



Fig. 2.

Unsere Untersuchungen beziehen sich nur auf die physikalische Seite der Frage, also darauf, welche äußeren Umstände für die Wirkung verantwortlich sind, nicht auf die physiologische, wieso sie auf den Rutengänger wirken. Wir betrachten den letzteren als ein anzeigendes Instrument, um dessen Mechanismus wir uns nicht weiter kümmern.

Wir haben uns auf *Zimmerversuche* beschränkt, da sich nur bei diesen die äußeren Umstände beherrschen lassen, doch sind solche für den Rutengänger viel anstrengender und daher die Bedingungen für das Gelingen ungünstiger. Der Versuchsraum (im Parterre des Wiener physikalischen Instituts) wurde zuerst mit der Rute auf wirksame Massen abgesucht¹⁾. Im störungsfreien Teil wurden die weiteren Versuche angestellt. Hierbei wurde die größte Aufmerksamkeit darauf gerichtet, unbewußte Beeinflussungen des Rutengängers durch andere Personen, die von dem anzustellenden Experiment Kenntnis hatten,

¹⁾ Hierbei wies Dr. Waagen zwei Stellen nach, den Ventilatormotor und die Schieber im darunter liegenden Keller, deren Lage uns damals vollkommen unbekannt war und erst nachträglich festgestellt wurde.

auszuschalten²⁾). Solche Beeinflussungen spielen bekanntlich bei andern ähnlichen Versuchen häufig eine ausschlaggebende Rolle. Doch zeigte sich bald, daß eine derartige Beeinflussung durch andere Personen nicht eintrat³⁾, so daß bei einzelnen späteren Versuchen die in der vorigen Anmerkung beschriebenen Vorsichtsmaßregeln nicht in aller Strenge durchgeführt wurden.

Die zu untersuchenden Gegenstände (Wassermengen von einigen Litern, Metallstücke von etwa 100 cm² oder mehr waren wirksam) waren unter Papier oder in geeigneten Pappschachteln verborgen. Über Störungen bei den Versuchen siehe S. 1032.

Die nächste Frage war natürlich, welche Wirkungen etwa zur Erklärung der Erscheinung herangezogen werden könnten.

Jedenfalls wollen wir uns auf physikalisch wohldefinierte Vorgänge beschränken. Wir müssen weiter von der Erklärung verlangen, daß sie nicht nur auf unsere eigenen Wahrnehmungen, sondern auch auf die Mehrzahl der sonst im Gelände beobachteten Erscheinungen anwendbar ist. Dazu gehört vor allem, daß die praktischen Rutenangaben Abhängigkeit von der Menge und von der Entfernung der wirkenden Substanz zeigen, daß sie bei großen Massen bis zu beträchtlicher Tiefe reichen (bei Wasser angeblich bis zu 250 m), daß aber die Vertikale insofern eine ausgezeichnete Rolle spielt, als die Rute vorzugsweise in der Senkrechten über dem Wirkenden sich bewegt.

Wir untersuchten zuerst die Möglichkeit, daß irgendwelche *gasförmigen Produkte* von der wirkenden Substanz abgegeben würden, analog wie etwa bei den sogenannten „Metallstrahlen“, die bekanntlich auf Wasserstoffsuperoxydbildung beruhen. Doch blieb Wasser, das wir in einen Glaskolben eingeschmolzen hatten, unverändert und dauernd durch diesen hindurch wirksam, so daß diese Erklärung auszuschließen ist.

Auch Temperaturdifferenzen sind nicht als Ursache anzusehen, da sich kein Unterschied zwischen warmem und kaltem Wasser ergab. Unbewußter Einfluß der Umgebung (Feuchtigkeit) oder elastische Wellen, die etwa durch den

Rutengänger im Gelände ausgelöst und durch die wirkende Substanz reflektiert würden, sind bei den Zimmerversuchen ausgeschlossen.

Die Annahme einer *Strahlung* irgendwelcher Art als direkte Ursache endlich wird durch die im folgenden beschriebenen Versuche unmöglich.

Hingeleitet durch eine gelegentliche Bemerkung Dr. Waagens, daß elektrische Leitungen auf die Rute wirken, untersuchten wir nun, ob in der Nähe *elektrischer Ströme* Reaktion auftritt. Der Erfolg war positiv, es wirkte Gleich- und Wechselstrom der Straßenleitung (110 V. 0,2 A.) in gleicher Weise, als aber die Drähte verdreht wurden (induktionsfreie Wicklung), blieb der Effekt aus.

Um zu entscheiden, ob das *magnetische* oder das elektrische Feld wirksam ist, legten wir zwei lineare Magnetstäbe einmal gleichgerichtet, so daß die Pole sich verstärkten, das andere Mal mit den ungleichnamigen Polen aneinander. In beiden Fällen (die Stäbe waren natürlich beidemale verdeckt) zeigte sich die Wirkung identisch und nicht anders als bei gewöhnlichem Eisen. In einem zweiten Versuch erzeugten wir das Feld durch ein Solenoid. Die Wirkung, die bei Stromdurchgang auftrat, verschwand sofort, als das Solenoid in eine geerdete Hülle aus Drahtnetz eingeschlossen wurde, die das elektrische Feld abschirmte und nur das magnetische übrig ließ.

So war auch das magnetische Feld als unwirksam erkannt, und es blieb noch die Untersuchung *elektrostatischer Felder*.

Wir ließen Herrn Dr. Waagen einen Hartgummistab mit der Rute prüfen. Die Wirkung trat sehr kräftig auf, als der Stab durch Reiben elektrisiert wurde. Einfaches Durchziehen des Stabes durch eine Bunsenflamme schwächte die Wirkung beträchtlich, erst kräftiges Abflammen hob sie ganz auf.

Da nun aber ein Feld, das von elektrostatischer Aufladung im Innern der Erde befindlicher Massen herrührt, sicher abgeschirmt wird, wurden wir zu folgender Auffassung geführt: Der Erdboden ist stets von elektrischen Strömen, den *Erdströmen*, durchflossen, über deren Ursache und Gesetze unsere Kenntnisse allerdings recht mangelhaft sind. Nun werden sich die Stromlinien in den besseren, im Erdboden etwa enthaltenen Leitern drängen, während die schlechteren Leiter sie in geringerer Dichte enthalten werden. Diese Ungleichförmigkeit im Verlauf der Stromlinien, die ihren Grund in der Ungleichförmigkeit des Widerstandes des Erdbodens hat, wird sich nun auch im Spannungsabfall, d. h. im Verlauf des elektrischen Feldes äußern.

Denken wir uns zunächst den Erdboden ganz homogen und von einem gleichmäßigen Strom durchflossen, dann ist, da der Widerstand überall gleich ist, auch der Spannungsabfall überall gleich, die Flächen gleicher Spannung (Niveau- oder Potentialflächen) stehen senkrecht in

²⁾ Herr Dr. Waagen verließ mit dem einen von uns den Versuchsraum vor der Vorbereitung der Experimente und betrat ihn erst wieder auf ein Signal, nach dessen Abgabe der Vorbereitende das Zimmer verließ. Der Rutengänger wußte also ebenso wie sein Begleiter weder, was aufgestellt war, noch konnte er denjenigen von uns, der den Versuch aufgestellt hatte und allein kannte, während des Versuchs sehen oder hören, bis letzterer nach der Prüfung durch die Rute wieder eintrat.

³⁾ Einer der stärksten Beweise hierfür liegt darin, daß die im folgenden auseinandergesetzte Erklärung erst im Laufe der Versuche entstand, während wir mit ganz anderen Vermutungen an die Frage herangegangen waren; die letzteren wurden durch die Versuche widerlegt, die sich erst nachträglich als Bestätigung der später entwickelten Theorie darstellten.

gleichen Abständen auf dem Erdboden, die elektrischen Kraftlinien laufen ihm parallel mit überall konstanter Dichte. Legen wir nun eine Inhomogenität in den Boden, so wird an dieser Stelle der Widerstand geändert, ist die Leitfähigkeit größer (Erze, Wasser), so ist der Spannungsabfall kleiner, die Niveauflächen gehen auseinander. Ist die Leitfähigkeit kleiner als in der Umgebung (Höhle), so wird der Spannungsverbrauch größer, die Kraftlinien und Niveauflächen drängen sich stärker zusammen. Nur in einem Fall wird das elektrische Feld nicht beeinflusst, wenn nämlich die Inhomogenität (Erzader, Wasserleitung) zufällig parallel dem Erdstrom läuft, denn dann steigt die Stromdichte dort soweit an, daß der Spannungsabfall außen und innen gleich groß ist. Nur wo Stromlinien die Inhomogenität kreuzen, äußert sich das im elektrischen Feld⁴⁾.

Verschiebungen Δx der Potentialflächen in mm.

Horizontalentfernung von der Zylinder- achse x in Metern	0	1	2	5	10	15
Höhe über dem Erd- boden in Metern						
0	0	19,8	38,4	80,0	100,0	94,5
1	0	16,4	32,0	68,5	90,5	87,0
2	0	13,8	27,0	59,0	82,0	81,0

Die Tabelle zeigt den theoretischen Einfluß eines unendlich lang gedachten Zylinders aus Metall von 1 m Radius in einer Tiefe von 10 m auf die Niveauflächen, die sonst in gleichen Abständen, etwa in der horizontalen Entfernung $x = 1, 2, 3, \dots$ m von seiner Achse, vertikale Ebenen wären. Die (horizontale) Zylinderachse verläuft senkrecht zum Strom. Die Figur 3 stellt das schematisch dar.

Der Effekt ist dem Querschnitt des Zylinders proportional, ebenso bei einer Kugel ihrem Volumen, und hängt auch von der Leitfähigkeit ab.

Wir müssen nun annehmen, daß der Rutengänger auf diese Abweichungen vom gleichmäßigen Feld irgendwie anspricht. Wie der Einfluß geschieht, und auf welche Organe des Körpers, kann von uns natürlich in keiner Weise entschieden werden, nur sei nochmals auf die Angabe Dr. Waagens hingewiesen, daß er die nervöse Spannung vorzugsweise in der gespannten Muskulatur der Unterarme verspürt. Jedenfalls sind die nachweisbaren Effekte sehr klein, die Emp-

⁴⁾ Wird in den Erdboden von der Leitfähigkeit λ_0 ein unendlich langer Zylinder von der Leitfähigkeit λ_1 eingesenkt (Radius a , Zylinderachse in der y -Richtung, Strom in der x -Richtung, z Höhe über der Zylinderachse), so nimmt das Potential, das früher den Wert

$E_0 x$ hatte, den Betrag an: $E_0 x \left(1 - 2 \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{\lambda_1 + \lambda_0} \cdot \frac{a^2}{x^2 + z^2} \right)$, d. h.

die Niveauflächen werden um $\Delta x = 2 \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{\lambda_1 + \lambda_0} \cdot \frac{a^2 x}{x^2 + z^2}$ verschoben.

findlichkeit des Rutengängers ist sehr groß (wodurch die Beschränkung dieser Fähigkeit auf einzelne Personen erklärlich wird). Die Aussicht, an Stelle des Rutengängers mit all seinen physiologischen Unvollkommenheiten irgendein Instrument zu setzen, scheint uns derzeit sehr gering, da wir kein genügend empfindliches Instrument haben, das auf diese geringen Feldänderungen ansprechen würde.

Wir müssen nun vergleichen, ob die aus obigen Entwicklungen abzuleitenden Schlüsse mit der Erfahrung stimmen. Aus ihnen folgt jedenfalls, daß Massen verschiedener Leitfähigkeit das elektrische Feld beeinflussen, desto stärker, je größer sie sind, die Wirkung hängt von der Tiefe ab, die Vertikalrichtung ist (s. Figur) ausgezeichnet. Ob die „spezifischen Ausschläge“ etwa mit der verschiedenen Leitfähigkeit zusammenhängen, sei dahingestellt.

Es zeigt sich, daß sich die landläufigen Reaktionen der Rute in allen Fällen ungezwungen und ohne Hilfsannahmen aus der entwickelten Anschauung ergeben; es ist z. B. ohne weiteres klar, daß der gleichmäßige Grundwasserspiegel ohne Wirkung auf die Rute bleibt, daß aber alle Stel-

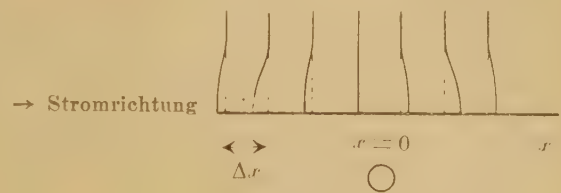


Fig. 3.

len anderer Wasserführung⁵⁾ darin sich durch die Rute finden lassen, sei es, daß irgendwie eine Verdickung oder Verschwächung in der wasserführenden Schicht vorhanden ist, sei es, daß die veränderte Wasserführung durch eine Änderung der Korngröße der Schotterschicht hervorgerufen ist. Auch der Befund erklärt sich ohne weiteres, daß der Rutengänger bei Wasserleitungen oder linearen Erzadern häufig nur gewisse Stücke mit der Rute nachzuweisen imstande ist, also scheinbar Unterbrechungen findet, wo keine sind: es verläuft eben dann der Erdstrom an dieser Stelle genau parallel der Leitung oder der Erzader. Auch noch in einem anderen Falle kann die Rute versagen: ist zufällig die Leitfähigkeit der Hauptmasse der Erdkruste an der fraglichen Stelle gleich jener des Einschlusses, so bleibt dieser ohne Wirkung auf die Rute. Ebenso wie hier Möglichkeiten aufgewiesen sind, daß die Rute trotz des Vorhandenseins einer wirkenden Substanz versagt, lassen sich natürlich auch solche konstruieren, in denen sie fälschlich das Vorhandensein von Materialien anzeigen muß, wo sie tatsächlich fehlen. Es genügt eben die

⁵⁾ Die von den Rutengängern als „Strömungen“ gedeutet wurden.

Diagnose mit der Rute allein nicht, sie muß vielmehr durch Bohrungen erst verifiziert werden.

Schließlich wäre noch zu besprechen, wieso in vorliegender Untersuchung überhaupt Resultate mit Massen erzielt werden konnten, die bestimmt von keinem Erdstrom durchflossen waren. Im ersten Augenblick scheint ja allerdings unsere Anschauung nur für die Verhältnisse im Freien Geltung zu haben, für *Zimmerversuche* aber gänzlich zu versagen. Doch auch hier ist sie mutatis mutandis anwendbar: Nicht der Erdstrom oder seine Änderungen sind es ja, was der Rutengänger direkt merkt, sondern die *Deformationen im elektrischen Felde*, in dem er sich befindet. Und solche Deformationen erleidet das elektrische Feld durch alle darin befindlichen isolierten Körper. Daran eben scheitern häufig die Zimmerversuche, daß die Deformationen des elektrischen Feldes, die durch die im Zimmer dargebotenen Massen hervorgerufen werden, unmerkbar sind, während sie bei ausgedehnten Lagern im Erdboden durch die Beeinflussung des Erdstromes noch ganz gut beträchtliche Werte erreichen können. Der Nachweis für diese Auffassung der Zimmerversuche läßt sich auf zweierlei Weise führen. Wir brachten verschiedene unter Pappe ohne weiteres wirksame Metallmassen in eine größere Schachtel, die mit einem zur Erde geleiteten Drahtnetz ausgekleidet war, also in einen sogenannten *Faradayschen Käfig*, der das elektrische Feld vollständig abschirmt: Jede Rutenreaktion verschwand sofort. Metallmassen, Kupfer und Eisen, die einfach am Boden lagen, und die kräftige Rutenreaktion hervorriefen, wurden sofort unwirksam, wenn sie leitend mit der Erde durch Anlegen eines an die Wasserleitung angeschlossenen Drahtes verbunden wurden. Andererseits zeigte sich frisch abgeflammtes Paraffin als unwirksam, ergab aber sofort einen kräftigen Ausschlag, wenn es durch Reiben (am Bart) elektrisch gemacht wurde, so daß seine Kraftlinien das Feld in der Umgebung modifizierten.

Es ist nun klar, daß danach eine jede wie immer hervorgebrachte Veränderung im elektrischen Felde ihre Wirkung ausüben muß. Es zeigen auch tatsächlich alle von uns gelegentlich, meist längst vor der Bildung der hier entwickelten Anschauung gemachten Beobachtungen mit *ionisierten Gasen* den erwarteten Effekt. So wirkt eine Gasflamme kräftig auf den Rutengänger ein, ebenso bei einem Versuch die Luft, die durch Wasser perlend elektrisch wird, ebenso auch ein radioaktiv versenkter Exsikkator, der mit „induzierter Aktivität“ beladen die Luft ionisierte, am stärksten aber bis zu kräftigem Unbehagen eine mit Radiumemanation beladene Luft. Wir erzeugten sie durch Durchblasen von Luft durch ein mit Radiumemanation gesättigtes Wasser. Während in den anderen eben angeführten Fällen die Wirkung mit dem Abstellen der Ionisationsquelle sofort verschwand, blieb sie hier infolge der An-

lagerung der Emanation an die Haut bestehen, verschwand aber durch Abwaschen der Hände mit Wasser, das die adsorbierte Emanation weglöste. Auch im freien Gelände wirken alle Anhäufungen von Ionen aus irgendwelchen Ursachen in der hier beschriebenen Weise auf den Rutengänger ein: So erklärt sich der Einfluß von Nebel, von föhnigem Wetter, von gewittriger Wetterlage u. dgl. Ebenso dürfte auch die Beobachtung von Dr. *Ambrohn* über die Koexistenz von radioaktiven Beobachtungselementen und Rutenausschlägen über Verwerfungsspalten zu erklären sein.

Über das Feld, das vom Erdstrom herrührt, lagert sich nun im Freien *das Feld*, das von *gewöhnlicher elektrostatischer Aufladung* herrührt. Dieses ist viel stärker als das erstere und würde, wenn es auf die Feldstärke allein ankäme, alles überdecken. Aber es ist (wenigstens im kleinen) gleichmäßig. Die Wirkung von Bodenerhebungen, Häusern usw., die ja das Feld auch deformieren, werden offenbar psychologisch ausgestaltet, da der Rutengänger diese Objekte sieht.

Auch dem Einwand, daß der elektrische Einfluß der Wolken überwältigend stark sein müßte, glauben wir mit dem Hinweis begegnen zu können, daß das lufterlektrische Potentialgefälle sich mit dem Orte gewöhnlich wohl langsam ändert, so daß die Änderungsgeschwindigkeit beim Passieren im Gelände über einer wirksamen Substanz trotz der Kleinheit der Absolutwerte überwiegt. Andererseits nimmt bei unruhigem elektrischem Wetter (Föhn, Gewitterneigung) die Rutenfähigkeit wesentlich ab. Auch die gelegentliche Angabe Dr. *Waagens*, daß beim Arbeiten im Freien sich häufig „unspezifische“ Wirkungen ergeben, die beim wiederholten Überschreiten der gleichen Geländestelle nicht mehr oder anders auftreten, könnte mit lufterlektrischen Wirkungen erklärt werden.

Bei der Beurteilung der Resultate eines Versuches sind noch die *Störungen* zu beachten. Diese sind zweierlei Art. Die übergroße Empfindlichkeit des Rutengängers reagiert auf die geringsten Mengen Reibungselektrizität; man muß daher diese auf das sorgsamste vermeiden bzw. stets Leerversuche vorangehen lassen. Bei solchen zeigt sich oft die zum Verdecken benutzte Papierhülle (Schachtel) als wirksam. Man muß daher beim Abheben eines Schachteldeckels usw. größte Vorsicht walten lassen, auf deren Nichtbeachtung wohl viele Fehlversuche zurückzuführen sind. Zweitens aber darf man nicht vergessen, daß kein Apparat, sondern ein Mensch als anzeigendes Instrument dient, der durch jede subjektive Beeinflussung gestört wird. Einerseits sind nur Versuche brauchbar, bei denen der Rutengänger nicht weiß, welches Objekt auf ihn wirkt, andererseits kann bei ungünstiger Stimmung des Rutengängers alles mißlingen.

Wir haben nach Schluß unserer Untersuchungen, veranlaßt durch Bemerkungen von geschätz-

ter Seite, Versuche unternommen, in welchen die Zahl der Fehlangaben geprüft werden sollte. Diese haben teilweise ein schlechtes Resultat ergeben.

Wir erklären dies erstens durch die oben erwähnten unkontrollierbaren äußeren Einflüsse der Reibung (die bei den früheren Versuchen durch die Leerversuche leichter auszuschalten waren), hauptsächlich aber durch die Stimmung des Rutengängers, der erklärte, geradezu unter „Prüfungsangst“ zu leiden und schon die Nacht vorher infolge der Erwartung schlecht geschlafen zu haben, während er bei den früheren Versuchen eben nicht das Gefühl der „Prüfung“, sondern das eines „Versuchs“ gehabt habe.

Eine Versuchsreihe mit besserem Resultat gibt die folgende Tabelle. Es wurden nummerierte Schachteln etwa in der Größe 20×20 cm mit dem Boden nach oben aufgestellt. Einige von ihnen enthielten kleine Eisengegenstände (+ in der Tabelle), andere waren leer (0). Während der Versuche mit der Rute war niemand anwesend, der wußte, welche Schachteln leer waren. Füllung . . . + 0 0 + + 0 0 0 + + 0 0 + 0 0 + 0 Rutenreaktion . 0 0 + + 0 0 + + 0 + 0 0 + 0 0 + 0 d. h. 6 Fehler gegen 11 Treffer. Eine andere Reihe mit einem, andern, weniger empfindlichen Rutengänger ausgeführt, bei der aber die Bedingungen günstiger waren (größere Eisengegenstände, stets die gleiche Hülle) ergab:

Füllung + 0 + 0 + + 0

Reaktion + 0 + + 0 + 0

d. h. 2 Fehler gegen 5 Treffer.

Dagegen kamen auch Reihen vor, bei denen nur soviel Treffer eintraten, als dem bloßen Zufall entspricht, und dieses Resultat haben auch andere öfters erhalten. Wir erklären es mit den oben angeführten Gründen.

Wir sind uns wohl bewußt, daß noch viel mehr Versuche⁶⁾ unter möglichster Vermeidung aller Fehlerquellen nötig wären, um als vollkommen zwingende Beweise gelten zu können. Wir selbst sind aber durch das, was wir gesehen haben, hauptsächlich aber dadurch, daß wir zu einer Erklärung gedrängt wurden, die von unseren ursprünglichen Annahmen abwich, von der Objektivität der Erscheinung überzeugt. Leider mußten wir aus äußeren Gründen die Versuche abbrechen und uns mit den geschilderten Resultaten begnügen.

Auch unsere Erklärung kann nicht mehr als ein erster Versuch einer physikalischen Theorie der Wünschelrute sein. Es gibt sicher noch eine große Anzahl von Schwierigkeiten, die zu überwinden sein werden. Es darf aber nicht vergessen werden, daß bei allen derartigen Phänomenen, die nur einigen besonders befähigten Personen zugänglich und von ihrem momentanen Zustand abhängig sind, das Experimentieren sehr erschwert

ist. Das bedingt eine Fülle von Angaben, die vielleicht einer strengen Prüfung nicht standhalten, deren Erklärung aus der Theorie aber gefordert werden könnte.

Erst wenn das Beobachtungsmaterial ganz geklärt ist, wird man endgültig über die Brauchbarkeit der Theorie urteilen können.

Die Versuche wurden (mit Unterbrechungen) seit November 1919 im zweiten physikalischen Institut der Universität Wien angestellt.

Lupenvergrößerung, Fernrohrvergrößerung und Vergrößerung.

Von H. Erle, Jena.

In der Deutschen optischen Wochenschrift 1921, 7. Jahrg., S. 345—349 habe ich die Zusammenhänge zwischen den dreierlei im Titel genannten Vergrößerungen behandelt. Im folgenden soll über diese Arbeit mit Hinzufügung einiger erläuternder Zeichnungen ausführlich berichtet werden, da mancher Leser dieser Zeitschrift, der irgendeine optische Vorrichtung — beispielsweise eine Fernrohrlupe von Zeiß oder ein Sehrohr zur optischen Übertragung des Auges nach einem mehr in der Nähe des Dingpunktes befindlichen Orte — benutzt, in die Lage kommen wird, sich zu fragen, was man eigentlich unter Vergrößerung verstehen soll. Das Kennzeichnende der an und für sich sehr einfachen Betrachtungen ist, daß man sich nicht auf die Lupenvergrößerung beschränkt, sondern daß man vielmehr noch zwei Vergrößerungen hinzufügt: die Fernrohrvergrößerung und die Vergrößerung.

Man versteht bei der üblichen Festsetzung¹⁾ unter Lupenvergrößerung das Verhältnis

$$tg \, w'/tg \, w^*.$$

Wir wollen die Lupenvergrößerung mit N_L bezeichnen, also:

$$N_L = tg \, w'/tg \, w^* \dots \dots \dots (1)$$

setzen. Dabei ist w^* der Gesichtswinkel, unter dem der achsensenkrechte Gegenstand y (seine lineare Größe y sei von der Achse aus gemessen) erscheinen würde bei der Betrachtung aus der Entfernung l , also:

$$tg \, w^* = \frac{y}{l} \dots \dots \dots (2)$$

Ob durch die optische Vorrichtung ein deutliches Bild entsteht oder nicht, ist uns im folgenden gleichgültig; für uns kommt nur der Projektionsvorgang in Betracht. w' ist der am Ort des bildseitigen Hauptstrahlenkreuzungspunktes gemessene Winkel, unter dem das Bild y' erscheint. y' ohne

¹⁾ Man vergleiche dazu das Büchlein von M. von Rohr, „Die optischen Instrumente (Lupe, Mikroskop, Fernrohr, photographisches Objektiv und ihnen verwandte Instrumente)“, 3. Aufl., 1918 (88. Bd. der Teubnerschen Sammlung: „Aus Natur und Geisteswelt“, S. 36 und 41—43.

⁶⁾ Die Zahl der angestellten Versuche ist etwa von der Größenordnung 200.

scheidet, daß $\frac{A}{a} > 1$, während in Fig. 1 $\frac{A}{a} < 1$, dann kommen wir außer zur Lupenvergrößerung N_L ganz zwanglos zu zwei weiteren Vergrößerungen, indem wir einmal die Projektionsebene so weit vor dem Kreuzungspunkt P' (so wollen wir nunmehr abgekürzt den bildseitigen Hauptstrahlenkreuzungspunkt nennen) annehmen wie die Dingebene vor der Eintrittspupille P ; wir bekommen dann eine Zahl für die Vergrößerung, die wir Fernrohrvergrößerung N_F nennen wollen. Das andere Mal nehmen wir die Projektionsebene am gleichen Orte an wie die Dingebene; und wir erhalten die Vergrößerung N_O , wobei wir den Index O gewählt haben, um auszudrücken, daß der Ort von Dingebene und Projektionsebene derselbe ist. Diese „Vergrößerung“ N_O ist wohl in den meisten Fällen das, was sich der Laie unter Vergrößerung³⁾ vorstellt; denn sie kennzeichnet die vergrößernde Wirkung der optischen Vorrichtung, ohne daß man sich noch eine deutliche Schweite oder wie bei der Fernrohrvergrößerung eine Verschiebung des Abstandes a um die Strecke PP' vorzustellen hätte.

In der Fig. 1 (und in Fig. 2) ist $OO = y$ die Dinggröße, $OP = a$ die Strecke, um welche die Eintrittspupille sich hinter der Dingebene (also in unserer Figur rechts von der Dingebene) befindet. w ist der dingseitige Gesichtswinkel, gegeben durch:

$$\operatorname{tg} w = \frac{y}{a} \quad (6)$$

w' der bildseitige Gesichtswinkel. Will man das Projektionsbild $y'_L = S'_L S'_L$ zur Ermittlung der Lupenvergrößerung N_L bekommen, dann muß man $S'_L P' = l$ wählen. Für das zur Fernrohrvergrößerung N_F gehörende Projektionsbild $y'_F = S'_F S'_F$ muß $S'_F P' = OP'$ sein. Zur Vergrößerung N_O gehört das Projektionsbild $y'_O = S'_O S'_O$, dessen einer Endpunkt S'_O mit dem Achsenpunkt O des Gegenstandes zusammenfällt.

Wir bilden also für N_F und N_O ganz ähnliche Ausdrücke wie in Gl. (5), mit dem einzigen Unterschiede, daß y'_L ersetzt wird durch y'_F bzw. y'_O . Es ist:

$$N_F = \frac{y'_F}{y} \quad (7)$$

³⁾ Über frühere Arbeiten in dieser Richtung vgl. man die Angaben in meiner eingangs genannten Arbeit in der Deutschen optischen Wochenschrift, 1921, 7, S. 345, Anm. 1 und 3, und: J. C. E. Schmidt, Lehrbuch der analytischen Optik (nach des Verfassers Tode herausgegeben von C. W. B. Goldschmidt), Göttingen, Dieterich, 1834, § 411 und 412, S. 404–405. A. v. Waltenhofen, Carls Repertorium, 1872, 8, S. 184 bis 188, mit 2 Fig., besonders Fig. S. 185. G. Quesneville (Nouvelle Dioptrique des rayons visuels), Théorie nouvelle de la loupe et de ses grossissements, Paris, A. Hermann, 1902, 8^e, 38 S., 12 Fig., besonders S. 16–17. A. Daubresse, Revue d'Artillerie 1895/1896, 47, S. 1–35 (17 Fig.), besonders S. 7–9.

$$\text{und}^4) \quad N_O = \frac{y'_O}{y} \quad (8)$$

Aus den Fig. 1 und 2 ersehen wir, daß auch in dem besonderen Falle $w = w'$ (es ist dies, wie wir sehen werden, der Fall $N_F = 1$) N_L und N_O von Eins verschieden sind; und zwar ist in diesem Sonderfalle $N_L < 1$, wenn⁵⁾ $l < a$, und (ebenfalls in diesem Sonderfalle) $N_O > 1$, solange P' im Sinne der Lichtrichtung hinter P liegt.

Die Beziehungen zwischen den dreierlei Vergrößerungen im allgemeinen Falle erhält man dadurch, daß man die Gl. (3) für N_F im Zähler und Nenner mit a dividiert. Man erkennt dann zunächst, daß infolge

$$\frac{y'_F}{a} = \operatorname{tg} w' \quad (9a)$$

$$\text{und} \quad \frac{y}{a} = \operatorname{tg} w \quad (9b)$$

N_F auch als

$$N_F = \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} \quad (9c)$$

geschrieben werden kann; und dies ist der Grund, weshalb hier die Bezeichnung *Fernrohrvergrößerung* gewählt wurde. Bei einem Fernrohr, das als brennpunktloses System eingestellt ist, d. h. also einen unendlichfernen Gegenstand wieder im Unendlichen abbildet, gilt nämlich der Quotient⁶⁾ $\operatorname{tg} w' / \operatorname{tg} w$ als Maß für die Vergrößerung N_F des Fernrohrs. Selbstverständlich hängt N_F von w (also auch von w') ab, wenn das Fernrohr nicht verzeichnungsfrei abbildet. Jedenfalls nähert sich in allen Fällen der durch (9c) bestimmte Wert von N_F mit abnehmendem w dem Grenzwert $N_F = f_1 / f_2'$, oder im dem Falle, daß Objektiv und Okular beiderseits an Luft grenzen:

$$N_F = -f_1 / f_2' \quad (9d)$$

der in der bekannten Weise durch Messung zusammengehöriger Durchmesser der Eintritts- und Austrittspupille bestimmt wird⁷⁾.

⁴⁾ Dividiert man Zähler und Nenner der rechten Gleichungsseite von (8) mit $a + A$, dann ist $\frac{y'_O}{a + A} = \operatorname{tg} w'$, also die Tangente des bildseitigen Gesichtswinkels, und $\frac{y}{a + A}$ die Tangente des nicht eingezeichneten Gesichtswinkels — wir wollen ihn w_O nennen —, unter dem der Gegenstand y ohne die optische Vorrichtung erscheint, wenn man das Auge an derselben Stelle läßt, an der es sich bei Benutzung der optischen Vorrichtung befindet. Es ist also auch:

$$N_O = \operatorname{tg} w' / \operatorname{tg} w_O.$$

⁵⁾ N_L ist größer als 1, wenn l größer als a ist.

⁶⁾ Dieser Quotient ist bei einer beliebigen optischen Vorrichtung als *Konvergenzverhältnis in den Pupillen* zu bezeichnen.

⁷⁾ Auch in diesem Falle müßte man, um den Grenzwert N_F zu bekommen, die Messung für verschiedene Durchmesser der Eintrittspupille (in die man entweder einen Glasmaßstab oder nacheinander Blenden mit verschiedenem Durchmesser bringt) wiederholen und den Grenzwert bestimmen, dem sich der Quotient aus Eintritts- und Austrittspupille mit immer kleiner werdender Eintrittspupille nähert.

Ein ding- und bildseitig auf Unendlich eingestelltes Fernrohr hat im Gegensatz zu allen andern optischen Vorrichtungen die Eigenschaft, daß N_F (wenigstens N_F , der Grenzwert von N_F für $w=0$) unabhängig ist von der Lage von O und P , also von der Lage des Gegenstandes und der Eintrittspupille. N_L und N_O dagegen sind auch bei einem derart eingestellten Fernrohr abhängig von der Lage von P , O und P' .

Wenn wir nunmehr in Gl. (9c) auf der rechten Gleichungsseite außer (9b) noch einführen entweder

$$\operatorname{tg} w' = \frac{y'o}{a+A} \quad \dots \quad (10)$$

oder
$$\operatorname{tg} w' = \frac{y'L}{l}, \quad \dots \quad (11)$$

dann erhalten wir entweder

$$N_F = \frac{y'o}{y} \cdot \frac{a}{a+A} \quad \dots \quad (10a)$$

oder
$$N_F = \frac{y'L}{y} \cdot \frac{a}{l}, \quad \dots \quad (11a)$$

d. h.
$$N_F = \frac{N_O}{1 + \frac{A}{a}} \quad \dots \quad (11b)$$

und
$$N_F = N_L \cdot \frac{a}{l} \quad \dots \quad (11b)$$

Die Fig. 3 stellt den Zusammenhang dar zwischen N_F und N_L , wobei $l=250$ mm angenommen ist.

Ist also $a=250=l$, dann ergibt (11b) $N_F=N_L$, d. h. in der Fig. 3 eine gerade Linie, welche den Winkel zwischen der Abszissenachse (N_F -Achse) und der Ordinatenachse (N_L -Achse) halbiert. Von den anderen eingezeichneten Linien gleichen Abstandes a (man könnte a bei einer unokularen Fernrohrlupe, die aus einer Feldstecherhälfte und einem Objektiv mit der Brennweite a besteht, das vor das Feldstecherobjektiv geschaltet wird, etwa dem freien Diagonalabstand gleichsetzen) sei beispielsweise die Gerade $a=2500$ mm ausgewählt, die ergibt, daß $N_F/N_L=10$, also $N_L=1/2$ bei $N_F=5$ usw. In der Zeichnung 3 ist nur der eine Quadrant dargestellt, in dem N_L und N_F positiv sind; es ist noch zu bemerken, daß die Gerade $a=2500$ in bezug auf $a=250$ mm symmetrisch liegt zur Geraden $a=25$, allgemein $a=m \cdot 250$ symmetrisch zu $a=\frac{250}{m}$. Ist $a=-25$ mm, dann folgt

aus (11b), daß $N_F/N_L = -1/10$, d. h. die nicht eingezeichnete Gerade $a=-25$ mm liegt symmetrisch zur Ordinatenachse in bezug auf $a=+25$ mm. Ein Zahlenbeispiel für einen negativen Wert von a , der bedeutet, daß die Eintrittspupille vor dem Gegenstand liegt (unnatürliche Perspektive, siehe Anm. 6 Seite 346 und S. 349 meiner eingangs genannten Arbeit), habe ich auf S. 349 dieser Arbeit gegeben; es war dort N_L positiv = 6, N_F negativ = -1,06 und N_O positiv = 5,8. Die unnatürliche Perspektive, ge-

kennzeichnet durch den negativen Wert des Abstandes a , in diesem Zahlenbeispiel war, dadurch zustande gekommen, daß die Eintrittspupille nicht ins Objektiv fiel wie bei der aus einem Prismenfeldstecher entstandenen Fernrohrlupe; es war vielmehr ein holländisches Fernrohr gewählt worden, dessen Eintrittspupille P durch Annahme des bildseitigen Hauptstrahlen-

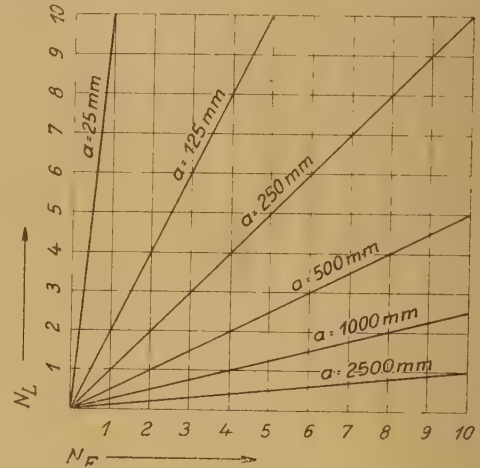


Fig. 3. Zusammenhang zwischen der Fernrohrvergrößerung N_F und der Lupenvergrößerung N_L , dargestellt durch die Kurven gleicher Entfernung a der Eintrittspupille von der Dingenbene. Diese Kurven sind gerade Linien durch den Koordinatenanfangspunkt.

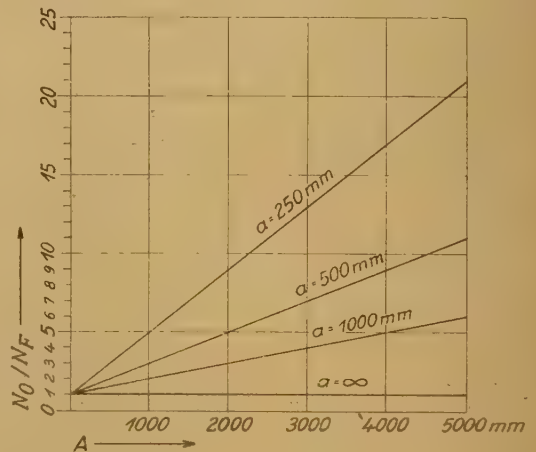


Fig. 4. Zusammenhang zwischen der Fernrohrvergrößerung N_F und der Vergrößerung N_O , dargestellt durch die Kurven gleicher a -Werte. Als Abszisse ist die Fernrohrlänge (Sehrohrlänge usw.) A , als Ordinate der Quotient N_O/N_F aufgetragen.

kreuzungspunktes P' bestimmt wurde. a ist in diesem Falle nicht gleich der Objektivbrennweite des vor das Fernrohr geschalteten Objektivs, sondern, wie wir es in unsern Zeichnungen 1 und 2 vorausgesetzt haben, die Strecke, um die die Eintrittspupille hinter der Dingenbene liegt. (Für das Zahlenbeispiel lag P im Gegensatz zu den Zeichnungen 1 und 2 links von O .)

Aus Gl. (10b) folgt:

$$\frac{N_O}{N_F} = 1 + \frac{A}{a} \dots \dots \dots (12)$$

Solange nicht entweder A oder a negativ sind (und auch noch in diesem Falle in bestimmten Grenzen), ist nach (12) N_O/N_F immer positiv und größer als 1. Das ergibt sich schon aus den Zeichnungen 1 und 2 aus dem einfachen Grunde, weil bei positivem A und a $S'O$ (und damit auch \bar{S}'_O) immer weiter von P' entfernt ist als S'_F (und damit \bar{S}'_F). Wenn $a = \infty$ (oder auch, wenn $A = 0$, siehe Zeichnung 4!), ist $N_O = N_F$, d. h. in Zeichnung 4 wird $a = \infty$ durch eine Gerade parallel der Abszissenachse dargestellt. Dieser Fall liegt bei einem beiderseits auf Unendlich eingestellten Fernrohr vor (oder auch wenn P und P' zusammenfallen bzw. in derselben zur optischen Achse senkrechten Ebene liegen). Sobald man endlich entfernte Gegenstände betrachtet, ist $N_O > N_F$. So folgt aus (12) und aus Zeichnung 4, daß für $a = 1000$ und $A = 5000$ mm, $N_O/N_F = 6$, also wäre beispielsweise bei $N_F = 2$ $N_O = 12$.

Aus dem Vergleich von (10b) mit (11b) erhält man noch die Beziehung:

$$\frac{N_O}{N_L} = \frac{a + A}{l} \dots \dots \dots (12a)$$

aus der man ersieht, daß N_O nur dann gleich N_L wird, wenn $a + A = l$, d. h. wenn der Abstand des Kreuzungspunktes von der Dingebene gleich der deutlichen Sehweite l ist.

Zum Schlusse⁸⁾ sei noch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß bei der Berechnung von zweien der drei Vergrößerungen aus einer gegebenen Vergrößerung angenommen ist, daß die Einstellung der optischen Vorrichtung ungeändert bleibt. So wird beispielsweise N_F sich ändern, wenn man das Fernrohr statt ding- und bildseitig auf Unendlich so einstellt, daß ein endlich entfernter Gegenstand einem fehlsichtigen Auge scharf erscheint.

Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

Die Regulierung der Atemgröße. (Alfred Fleisch, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 190, S. 270, 1921.) Es ist für uns eine ganz selbstverständliche Erscheinung, daß die Ventilationsgröße, d. h. die pro Minute geatmete Luftmenge, je nach der Arbeit, die unser Körper verrichtet, sich intensiv verändert. Ebenso weiß man schon lange, daß die Atemzüge in ihrer Frequenz und in ihrer Größe vom Atemzentrum im verlängerten Mark dosiert werden. Hingegen ist es in der Physiologie schon eine alte vielumstrittene Frage, durch welchen Faktor das Atemzentrum veranlaßt werde, bald tiefe und frequente, bald oberflächliche und langsame Atemzüge zu inszenieren.

⁸⁾ Auf Einzelheiten meiner eingangs genannten Arbeit, so auf die Messung von N_O (S. 346 links), auf die verschiedenen Beobachtungsmöglichkeiten (S. 346 links unten), auf die Zahlenbeispiele (S. 348 rechts und 349 links) kann hier nur hingewiesen werden.

Während früher in erster Linie die CO_2 des Blutes als das Reizmittel des Atemzentrums betrachtet wurde, gewann in den letzten Jahren allmählich die zuerst von *Boycott* und *Haldane*¹⁾ ausgesprochene Vermutung an Wahrscheinlichkeit, daß auch andere Säuren des Stoffwechsels das Atemzentrum reizen könnten. In neuester Zeit wurden nun von *Winterstein*²⁾, *Hasselbalch*³⁾ und mir Beweise dafür beigebracht, daß die Gesamtaazidität des Blutes, d. h. die Wasserstoffionenkonzentration und nicht die CO_2 als solche der Regulator der Atmung sei.

Bekanntlich wird mit *Wasserstoffionenkonzentration* oder *Wasserstoffzahl* (abgekürzt $[H^+]$) der Grad der sauren resp. alkalischen Reaktion angegeben. Die $[H^+]$ einer neutralen Lösung ist dabei $1 \cdot 10^{-7}$. Bei dieser Wasserstoffzahl ist die Konzentration der freien H -Ionen gleich der Konzentration der freien Hydroxyl- oder OH^- -Ionen. Beim Neutralitätspunkt ist somit: $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7}$, wobei die eckigen Klammern die Konzentrationen der betr. Ionen bedeuten. Wenn die $[H^+]$ größer als $1 \cdot 10^{-7}$ wird, was sich zahlenmäßig dadurch ausdrückt, daß entweder der Faktor 1 größer oder der Exponent 7 kleiner wird, so ist die Reaktion sauer. Andererseits existiert alkalische Reaktion, wenn die Zahl $1 \cdot 10^{-7}$ ($\frac{1}{10^7}$) kleiner wird. Eine modernere

und einfachere Schreibweise für die Wasserstoffzahl ist der *Wasserstoffexponent*. Dieser wird erhalten, indem der Faktor vor 10^{-7} in den Exponenten hinaufgenommen wird, wo er als Logarithmus erscheint. Das negative Vorzeichen wird dabei weggelassen. Bei einem Wasserstoffexponenten $p_{H^+} = 7$ ist demnach die Reaktion neutral. In dem Maße als p_{H^+} kleiner als 7 wird, ist die Reaktion saurer, und in dem Maße, als p_{H^+} größer als 7 wird, ist die Reaktion alkalischer.

Zur Entscheidung der Frage, ob die Kohlensäure oder die Wasserstoffzahl des Blutes der Regulator der Atemgröße sei, führte ich⁴⁾ folgende Versuche aus:

An einem narkotisierten Kaninchen wird die Ventilationsgröße, d. h. die pro Minute geatmete Luftmenge, die CO_2 -Spannung und die $[H^+]$ im arteriellen Blute bestimmt. Darauf wird dem Tier sehr langsam im Verlauf von einer Stunde einige Kubikzentimeter einer Lösung von saurem Natriumphosphat in die Vene infundiert. Durch das saure Phosphat wird aus dem $NaHCO_3$ des Blutes Kohlensäure freigemacht. Bei dieser Einverleibung von Säure steigt die Ventilationsgröße des Tieres regelmäßig ziemlich stark an. Wenn nun die Kohlensäurespannung der Regulator der Atmung ist, dann muß die gesteigerte Ventilationsgröße mit einer Erhöhung der CO_2 -Spannung im Blute einhergehen. Wenn hingegen die Wasserstoffzahl das regulierende Agens ist, dann muß die gesteigerte Atmung einer vergrößerten $[H^+]$ entsprechen. Dabei kann die CO_2 -Spannung absinken, indem evtl. mehr CO_2 ausgeatmet als gebildet wird. Zur Entscheidung, ob die CO_2 oder die $[H^+]$ der wirksame Faktor ist, wird nach der Säureinfusion wiederum die Ventila-

¹⁾ *Boycott* u. *Haldane*, Journ. of physiol. Bd. 37, S. 355, 1908.

²⁾ *W. Winterstein*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 138, S. 167, 1911; Biochem. Zeitschr. Bd. 70, S. 45, 1915; Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 187, S. 293, 1921.

³⁾ *K. A. Hasselbalch*, Biochem. Zeitschr. Bd. 46, S. 403, 1912.

⁴⁾ *A. Fleisch*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 190, S. 270, 1921.

tionsgröße, die CO_2 -Spannung und die $[\text{H}^+]$ des arteriellen Blutes gemessen.

Das Resultat eines solchen Versuches, das mit zahlreichen anderen identisch ist, ist folgendes:

Zeit in Minuten	Ventilation pro Minute in ccm	Zugeflossene Säure in ccm 1/6 g-Mol. prim. Phosphat	CO_2 -Spannung in mm Hg	$[\text{H}^+]$
0	326	0	27,6	$0,37 \cdot 10^{-7}$
70	406	8	25,7	$0,42 \cdot 10^{-7}$
110	480	17	23,1	$0,44 \cdot 10^{-7}$

Aus diesen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, daß die Steigerung der Lungenventilation immer begleitet ist von einem Anstieg der Wasserstoffzahl im arteriellen Blute. Da die CO_2 -Spannung im arteriellen Blute aber gleichzeitig absinkt, so kann die Kohlensäure unmöglich der Regulator der Atmung sein. Die Regulierung der Frequenz und der Tiefe der Atemzüge wird durch die Wasserstoffzahl des arteriellen Blutes bzw. durch die Wasserstoffzahl im Atemzentrum bewirkt. Da aber die Kohlensäure als saure Komponente in Verbindung mit dem Natriumbikarbonat als alkalische Komponente die $[\text{H}^+]$ des Blutes bestimmt, so hat die CO_2 -Menge im Blute doch einen Einfluß auf die Ventilationsgröße. Dieser Einfluß ist aber nur ein indirekter durch Veränderung der Wasserstoffzahl des Blutes.

A. Fleisch.

Nach H. T. Mead (Univ. California Publicat. in Zoology Vol. 16, 1917, S. 431—438, mit 1 Textfig.) wühlt sich am Strande von San Diego die kleine Sandkrabbe *Emerita analoga*, um sich vor den Watvögeln zu schützen, in den Sand soweit ein, daß nur die Fühler etwas herausragen. Nimmt man die Krabben heraus, bringt sie bis zu über 80 m landeinwärts und setzt sie dort auf den Sand, so schlagen sie alle den Weg zum Wasser ein, selbst wenn man sie vorher auf einer Drehscheibe sozusagen schwindlig gemacht hat, oder wenn ein etwa 15 cm hoher Sandhaufen ihnen den Anblick der Wellen verbirgt. Sie laufen aber in die Irre, sobald sie auf einer kleinen künstlichen Sandbank freigelassen werden, die nach dem Meere zu 7 % höher ist als nach dem Lande zu, so daß ihre „Geotaxis“ mit der „Hydrotaxis“ in Streit kommt. Werden ihnen ferner die Augen weggenommen, so finden sie auch nach Heilung der Wunden sich nicht zum Wasser zurück. (Verf. scheint sich in diesen Angaben zu widersprechen.)

In den Univ. California Publicat. in Zoology (Vol. 18, 1918, S. 151—170, mit 12 Textfig.) beschreibt P. Davidson die Muskeln des Haies *Heptanchus maculatus* ausführlich; keine allgemeinen, die Leser dieser Zeitschrift angehenden Ergebnisse. — Ferner schildert Ch. L. Camp ebenda (Vol. 17, 1918, S. 517—536, mit 3 Textfig.) die Lebensweise des Nagetieres *Aplodontia rufa*, das seinen dortigen Namen Bergbiber (mountain beaver) nur davon zu haben scheint, daß in manchen seiner unterirdischen Gänge, die er nahe bei Quellen usw. gräbt, Wasser fließt.

Über Bau und Entwicklung des Saugwurmes *Echinostoma revolutum* berichtet nach eigenen Untersuchungen in Californien J. C. Johnson. Während manche Saugwürmer (Trematoden) so große Eier legen, daß die daraus hervorgehenden Jungen den Eltern

beinahe gleichen, legen andere (darunter der bekannte überaus schädliche Leberegel der Schafe) viele äußerst kleine, und die Jungen haben noch allerlei durchzumachen, ehe sie erwachsen sind. Dies ist auch bei

dem 8—10 mm langen *Echinostoma revolutum* der Fall, das im Darne von Enten und Gänsen lebt. Denn aus den nur 0,1 mm langen Eiern, die mit dem Kote des Vogels ins Wasser gelangen, schlüpft ein wenig größeres Junges (das sog. Miracidium) aus, das dem erwachsenen Tiere so unähnlich ist wie die Raupe dem Schmetterling. Dann nimmt das Miracidium, nachdem es auf irgendeine Weise aus dem Wasser in die Schnecke *Physa* geraten ist, eine andere Form an und wird so zur Redie, die etwa der Puppe entsprechen würde. Während aber jede Raupe nach der Verpuppung nur einen Schmetterling ergibt, bilden sich in der Redie auf ungeschlechtlichem Wege Tochterredien, und diese sind, wenn sie nach und nach ihre Mutter verlassen, schon 0,2—0,4 mm lang; von ihnen kann schließlich eine einzige Schnecke 200—300 beherbergen. Aber der Vorgang ist noch lange nicht beendet. Mutter- und Tochterredien sehen zwar ganz anders aus als das Miracidium, sind aber unter sich nicht verschieden, dagegen entstehen nun in jeder Tochterredie, wiederum auf ungeschlechtlichem Wege, mehrere bis viele Cercarien, d. h. neue Wesen, die sich vom erwachsenen Wurme außer durch ihre Kleinheit (0,8—1,25 mm) und den Mangel der Geschlechtswerkzeuge durch einen langen Schwanz unterscheiden. In dieser Gestalt können sie aus der Schnecke ins Wasser gelangen, müssen aber von da wieder in einen Wirt zurück oder gehen zugrunde. Denn in einer Schnecke oder, was weniger in Betracht kommt, in einer Planarie spielt sich das letzte Ereignis ab: die Verpuppung, richtiger die Encystierung der Cercarie, wobei der Schwanz abgeworfen wird und der Rest des Körpers, zu einer Kugel zusammengezogen, sich mit einer Hülle umgibt. Diese jungen Würmer, die Agamodistomen, sind ebenfalls noch geschlechtslos. Wird ihr Wirt von einer Ente oder einer Gans gefressen und verdaut, oder nimmt die Ente die aus den verfaulenden Schnecken freigewordenen, noch wochenlang lebenden Cysten aus dem Wasser auf, so löst sich die Wand der Cyste, und das freigewordene Agamodistomum bildet sich allmählich zum richtigen Wurme um. — Sehr viele dieser Tatsachen hat der Verf. durch sorgfältige Versuche mit sicher von Schmarotzern freien Schnecken, denen die Eier, und mit ebensolchen jungen Enten, denen die Cercarien beigebracht wurden, festgestellt. Mit Rücksicht auf das californische Wetter erörtert er ausführlich den Einfluß von Kälte und Wärme auf die Schnelligkeit der Entwicklung des Wurmes und verbreitet sich ferner besonders über die Nieren (Wassergefäße) der Cercarien, von denen er hierzu gegen 2000 lebende untersucht hat. (Univ. California Publicat. in Zoology Bd. 19, 1920, S. 335 bis 388, mit 50 Textfig.)

P. Mayer.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 52. (Seite 1039—1054)

30. Dezember 1921.

Neunter Jahrgang.

INHALT:

Die Gas- und Ölturbine. Von *W. Schüle, Görlitz*.
(Mit 9 Abbildungen.) S. 1039.

Die von Großbritannien geplante Erforschung
seines Besitzes in den subantarktischen und
antarktischen Gebieten des Südatlantischen
Ozeans. Von *W. Brennecke, Hamburg*. S. 1047.

Zuschriften an die Herausgeber:

Bemerkungen über die Kathederanatomie. Von
Rudolf Fick, Berlin. S. 1052.

Erwiderung. Von *C. Elze, Rostock*. S. 1053.

Druckfehlerberichtigung. S. 1054.

GOERZ

Achromatische Lupen



3,3 X und 6,6 X

Opt. Anst. C. P. Goerz
A.-G. BERLIN-FRIEDENAU

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften“

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der Biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 45.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 4.— für die ein-spaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung

10 20 30 40 1/2 Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Fernsprecher: Amt Kurfürst 650-53. Telegrammadresse: Springerbuch.

Reichsbank-Giro-Konto: Deutsche Bank Berlin. Depositen-Kasse C.

für Bezug von Zeitschriften: Berlin Nr. 2020 Julius Springer.

Postcheck: für Anzeigen- u. Beilagenbeträge: Berlin Nr. 118 935 Julius Springer.

Konten: für alle übrigen Zahlungen: Berlin Nr. 11100 Julius Springer.

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Test-platten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu ver-langen: Liste über neue Schulsammlung mit Text-heft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (250)

Die Naturwissenschaften 1915 bis 1920 zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 236** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (236)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Idee der Relativitätstheorie.

Von Hans Thirring, a. o. Professor der theoretischen Physik an der Universität Wien. Mit 7 Textabbildungen. (IV, 170 S.). Preis M. 24.—

Inhaltsübersicht:

Erster Teil. Die spezielle Relativitätstheorie.

I. Das Relativitätsprinzip in seiner einfachsten Form; seine Gültigkeit für mechanische Vorgänge. II. Ueber die Natur des Lichtes. III. Gilt das Relativitätsprinzip auch für optische Vorgänge? IV. Das Gesetz der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. V. Der Konflikt zwischen den beiden Grundprinzipien. VI. Analyse des Gleichzeitigkeitsbegriffes. VII. Die spezielle Relativitätstheorie als Inbegriff der Folgerungen aus den beiden Grundprinzipien. VIII. Die scheinbare Absurdität dieser Folgerungen. IX. Die Union von Raum und Zeit; die Minkowski-Welt. X. Zahlenmäßige Betrachtungen. XI. Weitere Folgerungen und ihre experimentielle Bestätigung.

Zweiter Teil. Die allgemeine Relativitätstheorie.

XII. Ueber Trägheit und Schwere. XIII. Die Äquivalenzhypothese. XIV. Die Krümmung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde. XV. Die Relativität der Rotationsbewegung. XVI. Der Begriff der Raumkrümmung und der Weltkrümmung. XVII. Die neue Gravitationstheorie. XVIII. Folgerungen aus der allgemeinen Theorie. XIX. Die Hypothese der Endlichkeit der Welt.

Soeben erschien:

Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie.

Von Peter Pringsheim. Mit 32 Textfiguren. (VIII, 202 S.). Preis M. 48.—

Inhaltsübersicht:

Vorwort. — I. Einleitung. — II. Die Resonanzstrahlung. — III. Resonanzspektra. — IV. Die Bandenfluoreszenz von Dämpfen und Gasen. — V. Leuchtdauer und Polarisation der Fluoreszenzstrahlung von Gasen und der Einfluß magnetischer Felder. — VI. Die Fluoreszenz und Phosphoreszenz fester und flüssiger Lösungen. — VII. Die Gruppe der Erdkaliphosphore. — VIII. Linienfluoreszenz von Kristallen. — IX. Fluoreszenz organischer Verbindungen. — Literaturverzeichnis. — Sachregister.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang.

30. Dezember 1921.

Heft 52.

Die Gas- und Ölturbine.

Von W. Schüle, Görlitz.

Die Erzeugung mechanischer Energie aus Wärme erfolgt in der Technik auf zweierlei Weise. Bei dem ersten und ältesten Verfahren wird die in den Brennstoffen enthaltene chemische Energie durch Verbrennung mit atmosphärischer Luft in offenen Feuerungen in Form von hochtemperierter Wärme freigemacht und in Dampfkesseln zur Herstellung von gesättigtem oder überhitztem Wasserdampf benützt; mit diesem Dampf werden Kolbendampfmaschinen oder Dampfturbinen betrieben. Bei dem zweiten Verfahren wird der Umweg über den Dampf vermieden, indem die mit hochgespannter Luft vermischten gasförmigen oder fein zerstäubten flüssigen Brennstoffe in den Zylindern der Kraftmaschinen unmittelbar hinter dem Kolben verbrannt werden. Dabei wird durch die innere Wärmeentwicklung entweder die Spannung der Verbrennungsgase bei unveränderlichem Raum von etwa 9–12 at Druck des Gemisches auf 20–30 at gesteigert (Kolbengasmaschine nach *Otto* und *Langen*) oder die auf 30–40 at vorverdichtete und auf etwa 800° erhitzte Luft bei nahezu unveränderlichem Druck auf das 1,3- bis 2fache ihres Raumes ausgedehnt (Dieselmotor) und dadurch zur Leistung von Nutzarbeit befähigt. Beide Arten von Wärmekraftmaschinen, die Dampfkraftmaschinen und die Verbrennungskraftmaschinen, sind heute im weitesten Umfang nebeneinander im Gebrauch, jede im allgemeinen in dem Bereich, in dem sie sich den Anforderungen des betreffenden Betriebes am besten anzupassen vermag.

Die jüngste unter den Kraftmaschinen und gleichzeitig diejenige, die in den stärksten Einheiten gebaut werden kann¹⁾ (10 000 bis 20 000 PS und mehr) ist die Dampfturbine. Der Dampf, wie er aus den Kesseln und Überhitzern kommt, wird bei diesen Maschinen durch feststehende Leitschaufeln oder Düsenmundstücke den stählernen Schaufeln des umlaufenden Turbinenrades mit einer Geschwindigkeit von einigen 100 m/sec. bis 1000 m/sec. und darüber zugeführt, je nachdem mehrere bzw. viele solcher Paare von Leit- und Laufrädern vorhanden sind (vielfachstufige Turbinen) oder nur ein Paar. Die Drehbewegung, die bei fast allen Kraftmaschinen angestrebt werden muß, wird also hier unmittel-

bar erzielt, und dadurch sowie durch die hohen Geschwindigkeiten des ausströmenden Dampfes wird die Anwendung sehr hoher Umdrehungszahlen (1500–5000 i. d. Min.) möglich. Infolge der hohen Geschwindigkeit erhalten daher bei gleicher Leistung die Dampfturbinen ein viel geringeres Gewicht als die Kolbendampfmaschinen und Kolbengasmaschinen, oder bei gleichem Gewicht erzielt man mit den Dampfturbinen viel höhere Leistungen als mit Kolbenmaschinen.

Seit den großen Erfolgen der Dampfturbinen, deren technische Entwicklung im großen Maßstabe im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts begonnen hatte, haben von vielen Seiten Bemühungen eingesetzt, auch *Verbrennungskraftmaschinen* nach dem Turbinenprinzip zu bauen, um die gleichen Vorteile und Fortschritte, die mit der Dampfturbine im Gebiete der Dampfkraftmaschinen erzielt wurden, auch im Gebiet der Verbrennungskraftmaschinen zu erreichen. Eine sehr große Zahl von Patenten auf Erfindungen, die den Bau von Gas- und Ölturbinen und ihrer Einzelheiten betreffen, sind die Zeugen solcher Bemühungen. Trotz dieser Sachlage und ungeachtet der großen technischen und wirtschaftlichen Bedeutung der Frage finden wir aber bis heute auf der ganzen Welt noch keine Gas- oder Ölturbinen in industriellen Betrieben oder zum Antrieb von Land-, Wasser- oder Luftfahrzeugen, ein Zeichen, daß ihre technische Entwicklung bisher nicht bis zu der für praktische Zwecke erforderlichen Vollkommenheit vorgeschritten war. Die Gründe dieser Erscheinung, die angesichts der außerordentlichen materiellen und geistigen Mittel des modernen Maschinenbaues befremden könnte, sind in erster Linie die großen technischen Schwierigkeiten des vorliegenden Problems und die außerordentlichen Anforderungen, die an die zum Bau verwendeten Materialien bei gleicher Betriebssicherheit der neuen Maschine wie bei den vorhandenen Wärmekraftmaschinen gestellt werden müssen, andererseits aber auch die Kürze der bisher auf praktische Versuche verwendeten Zeit von etwa 10–15 Jahren einschließlich der Kriegsjahre. In Deutschland waren allerdings bis zum Beginn des Krieges von einer Seite bedeutende praktische Erfolge erzielt worden, aber durch den Krieg ist hier die weitere Entwicklung nachweislich vollständig gehemmt worden. Erst seit Ende 1918 sind diese Versuche wieder aufgenommen worden und sie haben bisher zu Ergebnissen geführt, die erkennen

¹⁾ Im Goldenbergwerk laufen zwei AEG-Turbinen von je 70 000 PS. Die Schriftleitung.

brennung steigt der Gasdruck in den Kammern auf 7—12 at. Durch diesen Überdruck werden die Ventile *D* aufgestoßen, die den Weg zu den Ausströmungsöffnungen *E* (Lavaldüsen) freigeben. Durch diese strömen die hochgespannten und auf 1200—2000° erhitzten Feuergase zum Turbinenrad. Die Geschwindigkeit der Feuergase nimmt dabei von anfänglich 1100—1400 m/sec. mit zunehmender Entleerung der Kammer allmählich bis auf einige 100 m/sec. ab. Die Verbrennung und Ausströmung in jeder Kammer dauern zusammen nicht länger als 0,1 bis 0,2 sec. Unmittelbar nach erfolgter Entladung öffnet sich das Spülluftventil *F*, durch das ein kalter Luftstrom in die Kammer tritt, die Abgasreste vollends austreibt und auf seinem weiteren Wege noch die Düsenwände und den Radkranz kühlt. Jede Kammer macht minutlich 30—40 Spiele, die ganze Turbine mit ihren 10 Kammern also stündlich 18 000—24 000 Spiele. Das Turbinenrad läuft mit etwa 180 m/sec. Umfangsgeschwindigkeit, also bei einem Durchmesser von 1200 mm mit etwa 3000 minüt. Umdrehungen. Mit der Turbinenwelle verbunden ist der Anker einer Dynamomaschine, die als Nutzwiderstand dient. Am Umfang des Turbinenrades wurden bei den Versuchen, die Verf. mit dieser Turbine ausführte, etwa 1000 PS nachgewiesen. Von dieser Leistung wurde jedoch ein erheblicher Bruchteil durch den Wirbelungswiderstand des Rades im Radraum wieder in Wärme zurückverwandelt. Die Versuche mit dieser Maschine sind noch im vollen Gange und lassen für die Zukunft einen Wirkungsgrad erwarten, der zwischen denen der Dampfturbinen und der Kolbengasmaschinen liegt.

Für die Beurteilung dieser Maschine, wie überhaupt der ganzen Gasturbinefrage, ist die Kenntnis des verlustfreien thermischen Wirkungsgrades der verschiedenen möglichen Verfahren von großer Wichtigkeit. Man versteht darunter den Bruchteil der Verbrennungswärme des verbrauchten Gases, der nach den Gesetzen der Thermodynamik in Arbeit umsetzbar ist, wenn von allen Wärme- und Arbeitsverlusten, die der wirkliche Prozeß in der Maschine mit sich bringt, abgesehen wird. Dieser Wert hängt bei beiden Gasturbinenverfahren, wie bei den Kolbenmaschinen in hohem Grade von der Höhe des Verdichtungsdruckes ab und steigt mit diesem. In Fig. 2 sind diese thermischen Wirkungsgrade als Ordinaten zu den Verdichtungsdrücken als Abszissen aufgetragen. Man erkennt, daß die Gleichdruck-Gasturbine bei allen Verdichtungsdrücken fast gleich hohe thermische Wirkungsgrade besitzt wie die Kolbengasmaschine (unterste Kurven). Um also unter sonst gleichen Umständen mittels der Gleichdruck-Gasturbine eine ähnlich günstige Ausnützung der Wärme wie in der Kolbengasmaschine zu erzielen, müßte man Luft und Gas oder deren Gemisch mindestens ebenso-

hoch verdichten wie in den Kolbenmaschinen, also auf mindestens 9—12 at. In Wirklichkeit genügt dieser Verdichtungsgrad, wie weiter unten gezeigt wird, dazu weitaus noch nicht.

Die thermischen Wirkungsgrade des Holzwarthschen Verfahrens liegen bei allen Verdichtungsgraden, insbesondere bei den schwächeren, erheblich höher. Schon bei 2—3½facher Verdichtung, also 1—2½ at Überdruck, werden die höchsten thermischen Wirkungsgrade der Kolbengasmaschine erreicht. Selbst ohne Vorverdichtung erzielt man noch 24 %, während der Wirkungsgrad der Gleichdruckturbine ohne Verdichtung gleich Null wird, d. h. es wird keine Arbeit mehr, sondern nur noch Wärme bei dem Vorgang gewonnen. Das Holzwarthsche Verfahren ist somit, rein thermodynamisch betrachtet, den Verfahren der Gleichdruckturbine und der Kolben-

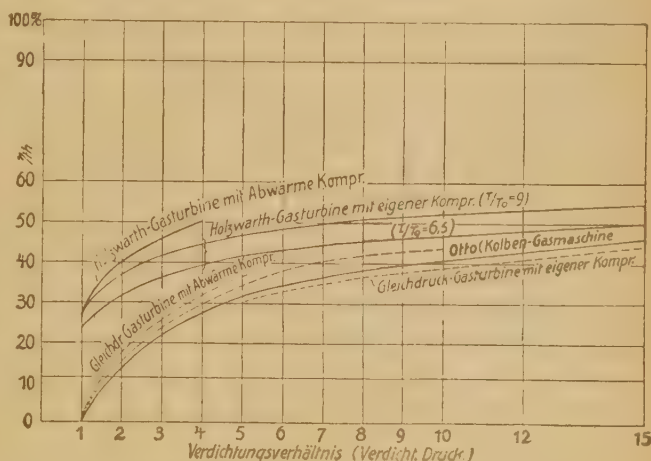


Fig. 2. Thermische Wirkungsgrade der Gleichdruckturbine und der Holzwarthturbine.

gasmaschine bei allen Verdichtungsgraden überlegen. Merkwürdigerweise ist früher die gegenteilige Ansicht weit verbreitet gewesen.

Je höher verdichtet wird, um so höher ist bei beiden Verfahren der verlustfreie thermische Wirkungsgrad. Bei einer Verdichtung auf 15 at abs. erreicht er 45 bis 55 %. Wesentlich anders aber verhält sich der wirkliche thermische Wirkungsgrad, der noch von den unvermeidlichen Wärme- und Arbeitsverlusten in der Turbine und in den Kompressoren abhängt. Wird das Verhältnis der wirklichen zur verlustfreien Arbeit der Turbine mit η_1 (Gütegrad der Turbine), das Verhältnis der verlustfreien zur wirklichen Kompressorarbeit mit η_2 (Gütegrad des Kompressors) bezeichnet, mit L_1 und L_2 die verlustfreien Arbeiten in der Turbine und im Kompressor, so ist die wirkliche Arbeit der Turbine $\eta_1 L_1$, die des Kompressors L_2/η_2 . Die gesamte Nutzarbeit des Aggregats ist der Unterschied dieser Werte, also

$$L = \eta_1 L_1 - \frac{L_2}{\eta_2}$$

Die verlustfreie Nutzarbeit wäre

$$L_0 = L_1 - L_2$$

Das Verhältnis der Werte L und L_0 , der Gütegrad des Aggregats, ist somit:

$$\eta_g = \frac{L}{L_0} = \frac{\eta_1 L_1 - \frac{L_2}{\eta_2}}{L_1 - L_2}$$

oder

$$\eta_g = \eta_1 \cdot \frac{1 - \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{1}{\eta_1 \eta_2}}{1 - \frac{L_2}{L_1}}$$

Dieser Wert ist unter allen Umständen kleiner als η_1 , da η_1 , η_2 und L_2/L_1 echte Brüche sind, d. h. der Gütegrad des Aggregats ist stets kleiner als der Gütegrad der Turbine allein, und zwar auch in dem Falle, daß der Gütegrad des Kompressors $\eta_2 = 1$ wäre, und um so mehr, wenn $\eta_2 < 1$ ist, wie in Wirklichkeit.

Man erhält z. B. für die praktisch ungefähr zutreffenden Werte $\eta_1 = \eta_2 = \frac{2}{3}$:

$$\begin{array}{cccccc} \text{für } L_2/L_1 = & 1/5 & 1/4 & 1/3 & 4/9 & 1/2 \\ \eta_g = & 0,46 & 0,39 & 0,25 & 0 & -1/6 \end{array}$$

Je größer also die verlustfreie Verdichtungsleistung im Verhältnis zur verlustfreien Tur-

druckverfahren und das Holzwarth'sche Verfahren aufgetragen. Für alle Verdichtungsgrade ist L_2/L_1 bei dem Holzwarth'schen Verfahren ganz erheblich kleiner. Die Folge ist, daß bei gleichen Einzelgütegraden ($\eta_1 = \eta_2 = \frac{2}{3}$) der beiden Verfahren das Holzwarth'sche bei allen Verdichtungsgraden einen höheren Gütegrad η_g des Aggregats besitzt. Die Werte von η_g für beide Verfahren sind gleichfalls in Fig. 3 als Ordinaten aufgetragen, und zwar auch für den Fall, daß der Gütegrad der Turbinenleistung durch unmittelbaren Wärmeverlust bei der Verbrennung auf $0,85 \cdot \frac{2}{3}$ herabgemindert wird ($\eta_v = 0,85$). Aus der Vereinigung der Figuren 2 und 3 geht Fig. 4 hervor, in der die wirklichen Wärmewirkungsgrade η_w als Ordinaten zu den Verdichtungsgraden als Abszissen für beide Verfahren aufgetragen sind. Die gestrichelten Kurven gelten für $\eta_1 = \eta_2 = \frac{2}{3}$, die ausgezogenen berücksichtigen noch einen unmittelbaren Wärmeverlust von 15 % ($\eta_v = 0,85$). Man erkennt, daß die Werte von η_w unter gleichen Verhältnissen bei der Gleichdruckturbine für alle Verdichtungsgrade bis 15 at und darüber erheblich unter den Werten der Holzwarth'schen Turbine liegen. Diese erreicht für $\eta_v = 1$ schon bei etwa 5 at den höchsten Wirkungsgrad von 25 %.

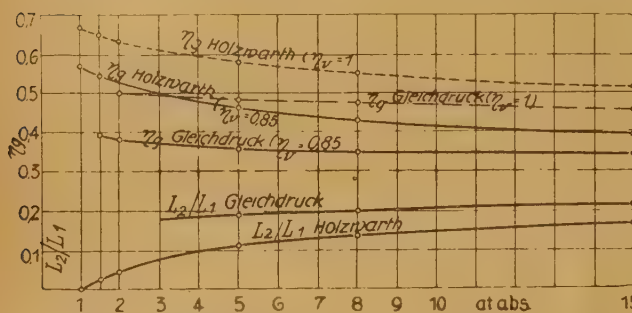


Fig. 3. Güteverhältnisse des Gleichdruck- und des Holzwarth-Verfahrens bei verschiedenen Verdichtungsgraden.

binenleistung ist, um so tiefer liegt der Gütegrad des Aggregats unter dem Gütegrad der Turbine. Der wirkliche gesamte Wärmewirkungsgrad ist nun aber:

$$\eta_w = \eta_g \cdot \eta_{th}$$

Wenn $L_2/L_1 = \frac{1}{9}$ ist, ist dieser Wert gleich Null, weil dann $\eta_g = 0$ ist, gleichgültig, wie hoch η_{th} liegen mag; das Aggregat kann in diesem Fall keine Nutzarbeit nach außen abgeben, sondern nur sich selbst im Gange erhalten. Nun ist aber der Hauptzweck jeder Kraftmaschinenanlage, möglichst viel Nutzarbeit aus der aufgewendeten Wärme zu gewinnen, und es wird daher von geradezu entscheidender Bedeutung für die technische Lebensfähigkeit einer Gasturbine sein müssen, wie hoch bei den einzelnen Systemen die Werte von η_w liegen.

In Fig. 3 unten sind nun zunächst die Werte von L_2/L_1 als Ordinaten zu den zugehörigen Verdichtungsgraden als Abszissen für das Gleich-

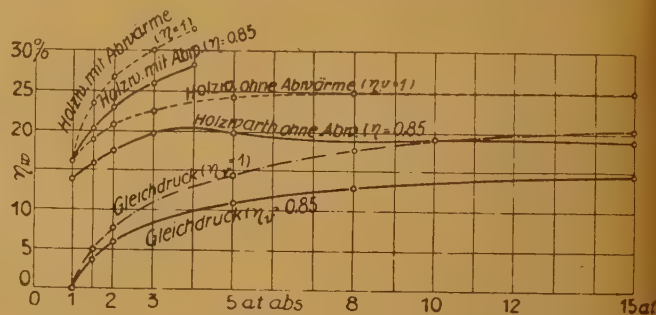


Fig. 4. Gesamte Wärmewirkungsgrade des Gleichdruck- und des Holzwarth'schen Verfahrens.

und für $\eta_v = 0,85$ schon bei reichlich 3 at den Höchstwert von rd. 20 %. Bei höheren Verdichtungsgraden bleibt η_w fast unverändert. Dagegen erreicht man mit dem Gleichdruckverfahren bei 5- bis 6facher Verdichtung nur 15 bis 11 %, wobei natürlich nicht, wie bei der Armengaud-Lemale-Turbine, eine Abkühlung der heißen Feuergase vor Eintritt in die Turbine stattfinden darf. In diesem Falle würden die Werte des Gleichdruckverfahrens noch bedeutend ungünstiger werden. Für die Holzwarthturbine sind außerdem noch die Werte für den Fall eingetragen, daß die Verdichtungsarbeit mittels der Abgaswärme bestritten wird. Damit kommt man schon bei 3facher Verdichtung auf $\eta_w = 26$ bis 30 %. Grundsätzlich bietet somit das Holzwarth'sche Verfahren die besten Aussichten für die Erreichung des erstrebten Zieles — eine Gasturbine, die wirtschaftlich ähnlich günstig arbeitet, wie die heutigen Kolbenmaschinen.

Aber noch eine andere für die Gas- und Ölturbine lebenswichtige Frage bedarf der Klärstellung, nämlich die Beherrschung der hohen Feuergastemperaturen im praktischen Dauerbetrieb. In den Verbrennungskammern der Gleichdruckturbinen entstehen Verbrennungstemperaturen von 1200—1500°, wie in den offenen Feuerungen, in denen der Holzwarthturbine solche von 1300 bis 2000°, wie in den Zylindern der Kolbengas- und Ölmaschinen. Ein Dauerbetrieb der Kolbenmaschinen ist nur dadurch möglich, daß diese hohen Temperaturen nur sehr kurze Zeit andauern, sowohl absolut als im Verhältnis zur Dauer eines Arbeitsspieles, sowie durch den periodischen Wechsel im Auftreten der hohen und tiefen Temperaturen. Bei der Gleichdruckturbine herrschen dagegen die höchsten Temperaturen *dauernd* im Verbrennungsraum und bei Austritt aus den Düsen beträgt die Temperatur der Feuergase, mit der sie das Turbinenrad *dauernd* durchströmen müßten, immer noch mindestens 800 bis 1000°, wenn sie nicht vor dem Eintritt in die Düsen künstlich gekühlt werden. Diese Kühlung muß aber, wie die Erfahrungen mit der Armengaudschen Ölturbine lehren und wie sich aus den bekannten Verhältnissen der Kolbengasmaschinen ohne weiteres schließen läßt, von dem nachteiligsten Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebs sein. Nun trägt aber kein für die Schaufelung und die Radscheibe in Frage kommendes Baumaterial Dauertemperaturen von 800—1000° ohne zerstört zu werden. Damit wird die Anwendung des Gleichdruckverfahrens auf so hohe, weit über 15 at liegende Verdichtungsdrücke beschränkt, die eine Austrittstemperatur der Feuergase von weniger als 400° ergeben oder es müßte anstatt des ununterbrochenen Verbrennungsverfahrens ein unterbrochenes wie im Dieselmotor angewendet werden. Eine andere Möglichkeit könnte in der Anwendung stufenweiser Verbrennung erblickt werden, wobei der Verbrennungsluft das Öl oder Gas in mehreren hintereinander geschalteten Verbrennungskammern bruchteilweise zugeführt würde und zwischen je zwei Kammern eine Turbine geschaltet wäre. Es würde zu weit führen, hier darauf näher einzugehen.

Ganz anders liegen diese Verhältnisse bei der Holzwarthturbine. Diese arbeitet ihrem Wesen nach mit unterbrochener Verbrennung und sowohl in den Kammern wie im Rad wechseln die höchsten mit den tiefsten Temperaturen periodisch ab wie bei den Kolbenmaschinen. Die Verbrennungskammern sind von Kühlwassermänteln umgeben, wie die Zylinder der Kolbenmaschinen, wodurch die mittlere Wandungstemperatur auf zulässiger Höhe erhalten wird. Die Wärmeabgabe der Feuergase an die Kammerwände übersteigt 10—15 % der Verbrennungswärme nicht, da die Verbrennung und Ausdehnung nur äußerst kurze Zeit dauern. Damit auch das Rad auf einer Temperatur von 400—450° erhalten wird, wird nach

jeder Beaufschlagung mit Feuergas ein kalter Luftstrom (Spülluft) durch das Rad geblasen. Auf diese Weise ist bei der Holzwarthturbine die Temperaturfrage vollständig gelöst. Ein Material für die Turbinenschaufeln, das der Mitteltemperatur von 400—500° und den schußartigen Feuerbeaufschlagungen für die Dauer gewachsen ist, hat *Holzwarth* in dem fast reinen Elektroisen gefunden. Die Holzwarthturbine kann daher, wie ausgedehnte praktische Versuche gezeigt haben, in einem ununterbrochenen, beliebig langen Dauerbetrieb gehalten werden.

Nach einer anderen Richtung scheint allerdings auf den ersten Blick das Holzwarthsche Verfahren dem Gleichdruckverfahren unterlegen zu sein, nämlich in der Art der Beaufschlagung und dem damit zusammenhängenden hydraulischen Wirkungsgrad des Turbinenrades. Während bei der Gleichdruckturbine der Feuerstrahl, wie der Dampfstrahl in den Dampfturbinen, dem Rad mit unveränderlicher Geschwindigkeit zuströmt, fällt die Feuerstrahlgeschwindigkeit in der Holzwarthturbine im Laufe der Entladung einer jeden Kammer von 1200—1400 m/sec. auf etwa 100 m/sec. ab und es fragt sich, wie sich ein solches Verhalten mit der seitherigen Turbinentheorie verträgt, die bei unveränderlicher Radgeschwindigkeit auch gleichbleibende Strahlgeschwindigkeit verlangt. In der Tat liegt hier eine gewisse Schwierigkeit vor, aber bei genauerer Betrachtung erweist sich die gefühlsmäßige Vorstellung, daß es bei der Wirkung der schußartigen Beaufschlagung hauptsächlich auf den *ersten Einschlag* ankommt, als zutreffend. Der weitaus größte Teil der Strömungsenergie wird nämlich bei den hohen Drücken und Ausströmgeschwindigkeiten entwickelt, wie aus dem Arbeitsdiagramm Fig. 5 zu ersehen ist, in dem die bei der Entladung vom Anfangsdruck p_1 bis auf p_4 freierwerdende Strömungsenergie durch den Flächenstreifen $BCNM$ dargestellt wird. Trägt man die Bruchteile der bis zu einem bestimmten Innendruck entwickelten Strömungsenergie als Abszissen zu den bei dem gleichen Innendruck herrschenden Ausströmgeschwindigkeiten als Ordinaten auf, Fig. 6, so erkennt man, daß vom Anfang der Entladung bis zu dem Augenblick, wo z. B. 75 % der verfügbaren Strömungsenergie freigegeben sind, die Ausströmgeschwindigkeit von etwa 1400 erst auf 1150 m/sec. gefallen ist. Wenn 95 % der Strömungsenergie entladen sind, so strömen die Gase immer noch mit 800 m/sec. zum Rad. Für den überwiegenden Teil der verfügbaren Strömungsenergie liegen somit günstige Bedingungen vor, und dies, in Verbindung mit der bekannten Tatsache, daß auch im Dampfturbinenbau das günstigste Verhältnis von Umfangs- und Zuflußgeschwindigkeit im allgemeinen nicht eingehalten werden kann und doch hinreichende Wirkung des Dampfstrahls erzielt wird, läßt diese Frage hoffnungsvoller erscheinen. Im übrigen wird man die Entscheidung über die Höhe des

unter solchen Umständen erzielbaren hydraulischen Wirkungsgrades der Erfahrung überlassen müssen und diese hat gelehrt, daß sich bei geeigneter Bemessung der Düsen und der Schaufelung recht befriedigende Ergebnisse erzielen lassen.

Bei den eingehenden Versuchen, die ich im letzten Halbjahr an der Versuchsgasturbine der Maschinenfabrik Thyssen auszuführen Gelegenheit hatte, habe ich Umfangswirkungsgrade bis zu 25 %, bezogen auf den Heizwert des verbrauchten Gases, festgestellt, und zwar mit einem einkränzigen Rad. Damit ist man in der Wirklichkeit den Arbeitswerten, die sich nach den thermodynamischen Gesetzen erwarten lassen, schon recht nahe gerückt und auch der hydrodynamische Wirkungsgrad der Schaufelung hat die Größenordnung erreicht, mit der man bei den einkränzigen Rädern der Dampfturbinen erfahrungsgemäß rechnen kann.

In diesem Zusammenhang muß auch erwähnt

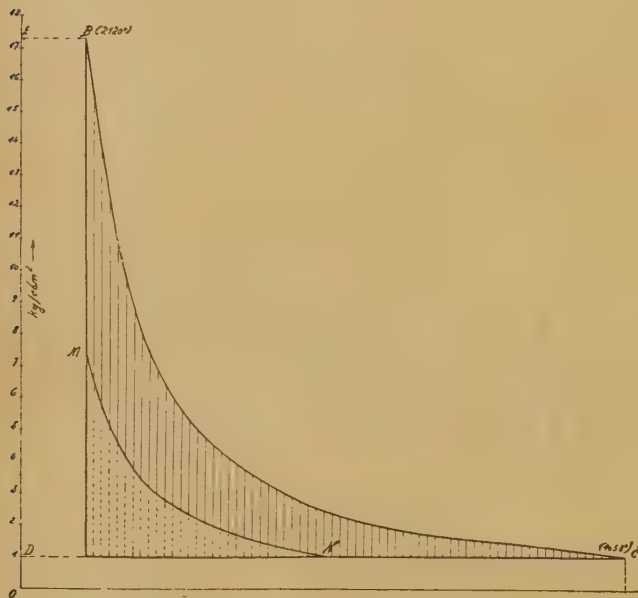


Fig. 5. Arbeitsdiagramm der Holzwarth-Gasturbine.

werden, daß Turbinen mit mehr als einem Rad (sog. Druckstufen), wie bei den Dampfturbinen, zunächst bei dem Holzwarthschen Verfahren nicht in Frage kommen. Während es sich nämlich bei den Dampfturbinen um Expansion des Dampfes von etwa 13 at abs. auf 0,05 at abs., also auf den 260ten Teil des Anfangsdruckes handelt, ist bei den Gasturbinen, ähnlich wie bei den Kolbenmaschinen, nur ein Druckgefälle von 10–20 at auf 1 at, also bis zum zwanzigsten Teil des Anfangsdruckes, zu bewältigen. Dazu genügt eine einzige Druckstufe, also 1 Rad, vollständig, und es kann sich nur darum handeln, ob man ein Rad mit einem, zwei oder drei Kränzen, d. h. einer, zwei oder drei Geschwindigkeitsstufen, anwendet. Die seitherigen Erfahrungen, die an ein- und zweikränzigen Rädern gemacht sind, sprechen für einkränzige Räder. Die Holzwarthturbine erhält

also das denkbar einfachste Laufrad, ohne dadurch gegenüber den vielstufigen Dampfturbinen grundsätzlich im Nachteil zu sein.

Die Fig. 7 zeigt einen Schnitt durch die Thyssensche Versuchsgasturbine mit dem darüber stehenden Wechselstromgenerator.

Alles, was bisher in grundsätzlicher Hinsicht über die Gasturbine gesagt wurde, gilt auch für die Ölturbine. Schon die Armengaud-Lemaesche Gleichdruckturbine ist mit Öl, und zwar mit Petroleum betrieben worden. Sie ist an den zu hohen Dauertemperaturen des Verbrennungsraumes betriebstechnisch, an den zu niedrigen Verdichtungsdrücken von etwa 5 at und der der Arbeitsleistung vorangehenden Abkühlung der Feuer-gase bis auf 560° wirtschaftlich gescheitert.

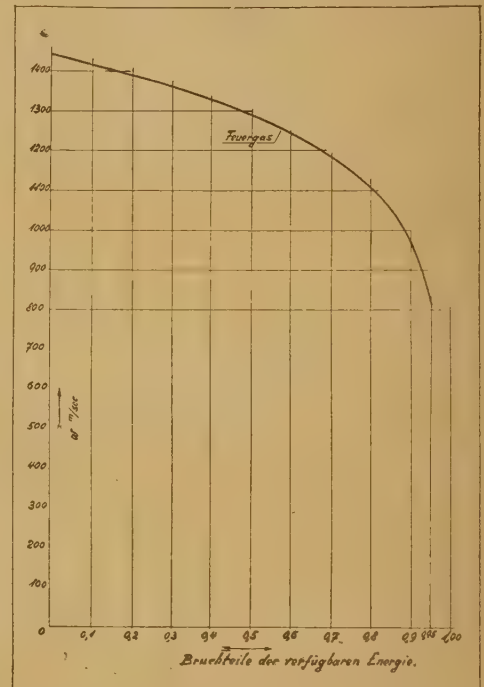


Fig. 6. Ausströmgeschwindigkeit der Feuertage im Verlauf der Entladung einer Kammer.

Im vorigen Jahre ist nun nach dem Holzwarthschen Prinzip der Gasturbine von der Maschinenfabrik Thyssen in Mülheim-Ruhr nach dem Entwurf von Hans Holzwarth eine Ölturbine gebaut worden, die Ende Dezember 1920 erstmals in Betrieb gekommen ist. Zum Unterschied von den Versuchsgasturbinen ist die Ölturbine mit wagerechter Welle gebaut und die sechs Verbrennungskammern mit je 150 l Inhalt sind liegend in einem ringförmigen Raume um die Welle angeordnet. Fig. 8 zeigt Schnitte und Ansichten der Ölturbine nebst Generator. Da diese Ölturbine genau nach dem Prinzip der Holzwarthschen Gasturbine arbeitet, so gelten die Gesichtspunkte, nach welchen diese zu beurteilen war, auch für die Ölturbine, und man wird demnach anerkennen müssen, daß sie in grundsätzlicher Hinsicht den

Forderungen an eine betriebssichere und wirtschaftlich arbeitende Maschine entspricht. Aber aus der Geschichte der Kolbengasmaschine ist bekannt, welche Schwierigkeiten schon die Verwendung des *Petroleum*s als Betriebsstoff der Kolbengasmaschine bereitet hat und wie schließlich

den Zylindern dieser Maschinen. Es ist unmöglich zu verhindern, daß sich aus den nassen Ölnebeln, die sich bei der Einspritzung fein zerstäubten Schweröls in die kalte Ansaugeluft der Gasmaschinen bilden, während des Ansaug- und Verdichtungs Vorganges Flüssigkeitsteilchen an

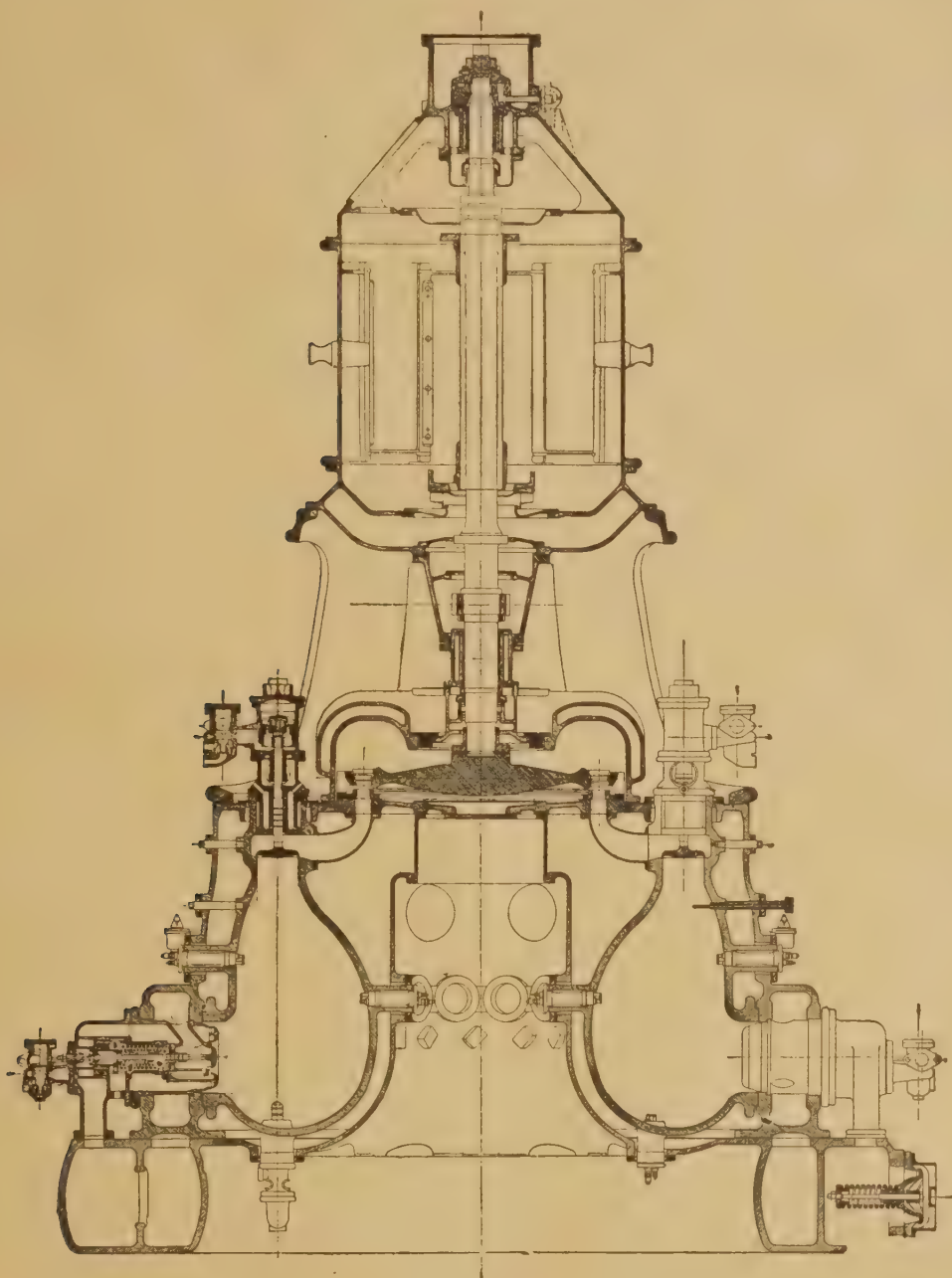


Fig. 7. Schnitt durch die Holzwarthsche Versuchsgasturbine der Maschinenfabrik Thyssen.

diese Schwierigkeiten nur durch die Anwendung eines neuen Prinzips, das in der Dieselmachine verwirklicht ist, gelöst werden konnten. Die besondere Schwierigkeit bei der Verwendung schwer verdampfender Öle in den Kolbenmaschinen ist die restlose Verbrennung dieser Stoffe in

den Zylinder- und Kolbenwandungen niederschlagen; diese Teilchen bleiben aber bei der Verbrennung des Ölnebels ganz oder teilweise unverbrannt, verrußen und verschmieren durch ihre Anhäufung das Innere des Zylinders und verhindern dadurch den betriebssicheren Gang und zu-

gleich den wirtschaftlichen Betrieb der Maschine. Erst in der hochoverhitzten Luft der Dieselmotoren gelang eine vollkommene Verbrennung der schweren Öle. Die *Gemischbildung* und *Verbrennung* in der Holzwarth-Ölturbine verläuft anders als in der Kolbengasmaschine und anders als in der Dieselmachine und bildet gewissermaßen ein Mittelding zwischen beiden. Das Öl wird mittels eines Druckluftzerstäubers zentral in die länglichen Verbrennungskammern eingespritzt, und zwar wie beim Dieselmotor erst, nachdem die Kammern mit frischer Druckluft aufgeladen sind. Die Ölluftwolke durchdringt die Kammern in ihrem ganzen Inhalt und wird durch mehrere

regelmäßig aufeinander folgen. Es ist zwar keineswegs so leicht, wie es scheinen möchte, alle Bedingungen für eine vollkommene Verbrennung zu erfüllen, jedoch berechtigen die bisherigen Versuche zu der Hoffnung, daß es gelingen wird, auch die schwereren Benzolkohlenwasserstoffe restlos zu verbrennen. Bisher wurde Handelsbenzol I verwendet. Die als erste ihrer Art gebaute Ölturbine befindet sich, da sie erst Ende des Jahres 1920 fertig geworden ist, naturgemäß noch im Versuchsstadium. Es ist jetzt erreicht, daß ein gleichzeitiger Dauerbetrieb aller 6 Kammern mit der normalen Umdrehungszahl der Welle von 2700 in der Minute aufrechterhalten

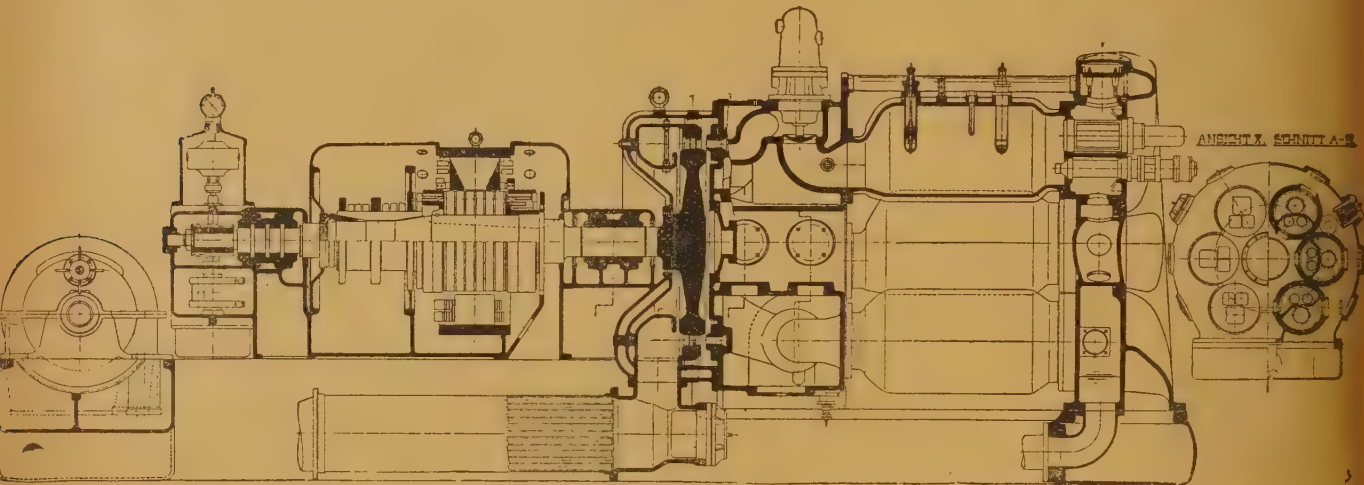


Fig. 8. Holzwarthsche Versuchs-Ölturbine der Maschinenfabrik Thyssen.

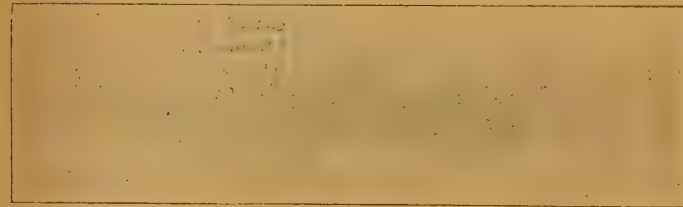


Fig. 9. Indikatordiagramm der Ölturbine.

Hochspannungs-Zündkerzen, die tief in die Kammern hineinragen, entzündet, solange noch der Inhalt in wirbelnder Bewegung ist. Schon bei seinen Versuchen mit der ersten Gasturbine hat Holzwarth gefunden, daß sich auf diese Weise auch schwere Öle restlos verbrennen lassen und Verbrennungsdrücke entstehen, die sich von den verlustfreien Beträgen nicht um mehr unterscheiden als bei Verwendung gasförmiger Brennstoffe. Nur muß die Temperatur der Wandungen hoch genug gehalten werden, was man hier in viel weiterem Umfang in der Hand hat als in den Kolbenmaschinen, und die Ölwolke darf nicht auf feste Wandungen aufprallen. Fig. 9 stellt ein Originalindikordiagramm der Kammer dar, aus dem ersichtlich ist, daß die Verbrennungen ganz

werden kann und regelrechte Betriebs- und Leistungsversuche beginnen konnten. Jede Kammer macht dabei minutlich 50–60 Spiele, also weit mehr als die Versuchsgasturbine. Die Erfahrungen an dieser Maschine und die in der letzten Zeit mit ihr gemachten Fortschritte werden auch der Ölturbine zugute kommen, so daß begründete Aussicht auf eine rasche Weiterentwicklung der Ölturbine besteht. Von Einzelheiten der bisherigen Versuche sei noch erwähnt, daß die mittlere Temperatur, die ein in die Verbrennungskammer hineinragendes Thermometer anzeigt, 470–550°, die Temperatur im Radraum und Auspuff 430–470° betrug. Durch Versuche mit einer der nur 15 mm starken dünnwandigen Stahlgußkammern der Ölturbine, deren Kühlwasser- und Brennstoffverbrauch gemessen wurde, habe ich festgestellt, daß nur rd. 9% der Verbrennungswärme in das Kühlwasser übergehen, so daß also in der Kammer ein regelrechter motorischer Prozeß, wie es sein soll, und kein Heizprozeß stattfindet. Die Ausströmdauer beträgt weniger als 0,1 sec.

Die Ölturbine ist als Fahrzeugmaschine gebaut und mit einem Abwärmepferzeuger versehen, der eine Auspuffdampfturbine für den Betrieb der Luftverdichtungsmaschine antreibt. Bis

her wurde nur mit Luftüberdrücken von etwa 0,6 at gearbeitet.

Wir kehren nun zur *Gasturbine* zurück. Nachdem es gelungen war, einen beliebig langen, ungestörten Dauerbetrieb und eine gute Leistung am Radumfang zu erzielen — es wurden bei meinen Versuchen an der nominell 1000-pferdigen Turbine bis 1200 PS am Radumfang nachgewiesen —, galt es und gilt es zum Teil heute noch, eine letzte, große Schwierigkeit zu überwinden. Man erreichte wohl befriedigende Wirkungen am Radumfang, im Schaufelkranz, aber nun hieß es, einen möglichst großen Bruchteil davon auf die Welle zu übertragen, d. h. eine hinreichende effektive Leistung zu erzielen. Auf diese kommt es ja schließlich für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes allein an. Zunächst zeigte sich, daß ein sehr hoher Bruchteil der Umfangsleistung im Radraum in Reibungs- und Wirbelungswärme umgesetzt wurde, und zwar ein Vielfaches der Beträge, die nach den entsprechenden Erfahrungen des Dampfturbinenbaues zu erwarten waren.

Nachdem es gelungen war, ein Versuchsverfahren zu finden, durch das sich die Leistung am Radumfang ermitteln ließ, konnte der Betrag der Reibungs- und Wirbelverluste als Unterschied dieser Leistung und der elektrisch gemessenen Wellenleistung bestimmt werden. Es wurde bald klar, daß die Spülluft, die dem Laufrad mit nur verhältnismäßig geringer Geschwindigkeit zugeführt wurde, an den Verlusten erheblich beteiligt war. Aber auch die Düsen- und Schaufelform, die Gestalt des Radraumes, die Spielzeit und die Belastung der Maschine spielen bei der Frage des mechanischen Wirkungsgrades, wie man das Verhältnis von Wellen- und Umfangsleistung nennen kann, eine bedeutsame Rolle. Nachdem diese Ursachen erkannt waren, konnte man dazu übergehen, sie zu beseitigen, und nach dieser Richtung bewegen sich zurzeit die Versuchsarbeiten.

Nach meinen im Mai d. J. vorgenommenen Versuchen hat die Holzwarth-Gasturbine hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Energieerzeugung das Gebiet der Dampfturbine erreicht. Die im Gange befindlichen Versuchsarbeiten zeigen eine aufsteigende Entwicklung, und die Zeit, wo die Gasturbine die höchste Stufe der Dampfturbine erreichen und überschreiten und somit eine Mittelstellung zwischen der Dampfturbine und Gas- kolbenmaschine einnehmen wird, dürfte nicht mehr fern sein. Seitens der Maschinenfabrik Thyssen wird alles darangesetzt, um die Holzwarthsche Gasturbine und Ölturbine zu betriebs- sicheren Kraftmaschinen von höchster Wirtschaftlichkeit zu entwickeln und damit ein neues, mächtiges Glied in die Energiewirtschaft einzufügen.

Die von Großbritannien geplante Erforschung seines Besitzes in den subantarktischen und antarktischen Gebieten des Südatlantischen Ozeans.

Von W. Brennecke, Hamburg.

Auf Anregung des britischen Kolonialamts trat 1917 in London ein aus Mitgliedern verschiedener Ministerien gebildetes Komitee zusammen, das folgende Aufgabe hatte: Es sollte feststellen, wie möglichst schnell nach Beendigung des Krieges Maßregeln zum Schutz der Walindustrie und zur Entwicklung anderer Industrien in den Dependenzien der Falkland-Inseln getroffen werden könnten; hierbei sollten nicht nur ökonomische Fragen und die Art der Verwendung eines Forschungsschiffes berücksichtigt, sondern es sollte auch berichtet werden, welche rein wissenschaftliche Fragen in diesen Gebieten zu lösen, und ob einige vorläufige Erkundungen durch Experten dieser Gebiete zu veranlassen wären. Die Ergebnisse von 21 Sitzungen des Komitees und die von ihm eingeforderten Berichte zahlreicher Experten der verschiedenen zur Erörterung stehenden Fragen sind jetzt ausführlich veröffentlicht in dem „Report of the interdepartmental committee on research and development in the dependencies of the Falkland islands“ (London, April 1920, Stationery Office). Dieser 164 Folioseiten umfassende Bericht, dem Karten des Gebiets, eine Bibliographie und Index beigegeben sind, bildet eine größtenteils muster-gültige Bearbeitung der gestellten Aufgabe und enthält auch eine solche Fülle schwer zugänglichen oder nicht veröffentlichten Tatsachenmaterials, daß ein näheres Eingehen auf die Hauptpunkte der Darstellung lohnend erscheint.

Was versteht Großbritannien unter dem Namen „Dependencies of the Falkland islands“? Es werden hiermit die östlich und südlich der Kolonie der Falklandinseln liegenden Inseln und Länder bezeichnet, die England als zur Kolonie gehörig rechnen. Es sind dies:

Süd-Georgien — die Süd-Shetland-Inseln — Grahamland nebst angelagerter Inselwelt — die Süd-Orkney-Inseln — die Süd-Sandwich-Inseln.

Mit inbegriffen werden eine Million Quadratmeilen des Seegebiets, so daß sich ein Gesamtbesitz hier von etwa 3 Millionen Quadratmeilen = 1% % der gesamten Erdoberfläche errechnet, der für Walfang, Fischerei und Robbenschlag nutzbar gemacht werden kann. Das Gebiet zeichnet sich aus durch gute, in jedem Sommer zugängliche Häfen, gehört aber zu den stürmischsten Zonen der Erde mit äußerst niedrigen Sommertemperaturen; der Walfang hier ist von größerer Bedeutung als der Gesamtfang aller anderen Gebiete in der Welt. Der Bericht gibt zunächst eine kurze Entdeckungsgeschichte und geographische Beschreibung der Inseln, die sich hauptsächlich auf ein Gutachten des schottischen Polarforschers W. S.

Bruce stützt. Außer diesem sind Gutachten über die verschiedensten Fragen von *N. Shaw*, *Rudmose Brown*, *R. C. Moßman*, *J. Hjort*, Kapt. *C. A. Larsen* und anderen Autoritäten eingeholt worden, mit einer größeren Anzahl von diesen wurde auch mündlich verhandelt. Nicht berücksichtigt sind die Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition 1911/12 auf Süd-Georgien, was sich namentlich bei der dem Buch beigegebenen Karte der Insel bemerkbar macht, die im südöstlichen Teil eine ganz unhaltbare Zeichnung des Küstenverlaufs aufweist.

Die Walindustrie.

Walfang nach modernen Methoden¹⁾ wurde in die Dependenzien durch die *Compania Argentina de Pesca* eingeführt, die 1904 in Grytviken auf Süd-Georgien eine Walstation anlegte; 1905/06 folgte die erste Walexpedition auf den Süd-Shetland-Inseln. In den weiteren Jahren hat die Zahl der Stationen beträchtlich zugenommen. So sind auf Süd-Georgien vier norwegische, drei britische und eine argentinische Gesellschaft mit dem Walfang beschäftigt, die sämtlich Küstenstationen zur Bearbeitung des Fanges haben. Auf den Süd-Shetland-Inseln ist dagegen nur eine feste Station auf Deception Insel, im übrigen wird der Fang hier auf schwimmenden Faktoreien bearbeitet, da passende Plätze an Land fehlen und das Gebiet, auf dem der Walfang betrieben wird, zu groß ist. Die Zahl der Fangschiffe 1912/13 betrug in Süd-Georgien 21, auf den Süd-Shetland-Inseln 32; außer den Küstenstationen gab es in Süd-Georgien zwei, auf den Süd-Shetlands 12 schwimmende Faktoreien. Der Fang bei den Süd-Orkney-Inseln ist zurzeit ganz eingestellt, bei den Süd-Sandwich-Inseln ist nur ein wenig befriedigender Versuch gemacht worden. Die Zahl der Fangschiffe ist durch besondere Lizenzen, die von der Regierung auf den Falkland-Inseln ausgestellt werden, begrenzt. Infolge des Krieges hat die Zahl der schwimmenden Faktoreien und der Fangschiffe stark abgenommen, und der Bestand erreicht auch zur Zeit des Berichts nicht den vor Beginn des Krieges. Im Krieg wurde das Walöl von besonderer Bedeutung für Großbritannien, da hieraus das für Munitionsherstellung wichtige Glycerin gewonnen werden konnte.

Die Hauptprodukte der Walindustrie sind Walöl, Guano und Fischbein, hiervon stellt das

¹⁾ Durch eiserne Harpunen mit aufgeschrobenen Sprenggranaten, die von einer kleinen, am Bug des Waldampfers befindlichen Kanone abgeschossen werden.

Öl das bei weitem wertvollste Produkt dar. So wurden in den 9 Jahren 1909/10 bis 1917/18 1 992 000 Barrels Öl in Süd-Georgien, 1 136 000 in den Süd-Shetlands und 130 000 in den Süd-Orkney-Inseln gewonnen, insgesamt 3 258 000 Barrels (6 Barrels = 1 Tonne Öl). Die Gewinnung betrug 1909/10 253 000 Barrels, erreichte 1915/16 den Höchstbetrag mit 564 000 und sank auf 258 000 Barrels 1917/18. Der Wert des in den 9 Jahren gewonnenen Öls betrug angenähert 11 Millionen Pfund Sterling, derjenige des gewonnenen Guanos 250 000 Pfund Sterling, des Fischbeins 100 000 Pfund Sterling. An der Gewinnung waren beteiligt: 11 norwegische, 2 britische und eine argentinische Firma, gegenwärtig sind 37 norwegische, 17 britische und 4 argentinische Fangschiffe bei Süd-Georgien und den Süd-Shetland-Inseln beschäftigt.

Die hauptsächlichsten im Gebiet vorkommenden Walarten sind die folgenden:

	Durchschnittlich erzielte Menge an Öl
1. Buckelwal (<i>Megaptera nodosa</i>)	25 bis 35 Barrels ²
2. Finnwal (<i>Balaenoptera physalus</i>)	35 „ 50 „
3. Blauwal (<i>Balaenoptera musculus</i>)	70 „ 80 „
4. Südwal, auch Nordkaper (<i>Balaena glacialis</i> oder <i>australis</i>)	60 „ 70 „
5. Spermwal (<i>Physeter catodon</i>)	60 „
6. Seihwal (<i>Balaenoptera borealis</i>)	10 „ 15 „

Der Seihwal kommt hauptsächlich nur nördlich der Falklandinseln vor, die Zahl der erlegten Südwale und Spermwale tritt bedeutend gegen die Zahl der unter 1 bis 3 aufgeführten Wale zurück; sie werden jedoch sehr geschätzt wegen des hohen Wertes des vom Spermwal gewonnenen Spermöls und des vom Südwal gewonnenen Fischbeins. Von kleineren Walen kommen in größerer Zahl noch der Zergwal (*Balaenoptera rostrata*) und der Schwertwal (*Orca gladiator*) in den antarktischen Meeren vor, auch der Entenwal (*Hyperoodon rostratus*) und der Grindwal (*Globicephala meloena*) werden gelegentlich erwähnt. Buckel-, Finn- und Blauwal zusammen bilden aber mehr als 95 % des Gesamtfanges, dagegen ist der prozentige Anteil jeder dieser drei Arten in den einzelnen Jahren ein sehr verschiedener, wie uns gut ein Auszug aus der Statistik von Süd-Georgien zeigt, der die Daten für die Hauptfangzeit vom 1. Oktober bis 31. März enthält.

²⁾ 6 Barrels = 1 Tonne.

	1910/11	1911/12	1912/13	1913/14	1914/15	1915/16	1916/17	1917/18
Buckelwale	96,8	90,9	53,8	18,6	15,6	22,9	9,3	2,5 %
Finnwale	1,8	5,3	41,2	55,7	36,5	33,6	37,4	29,3 %
Blauwale	1,4	3,7	5,1	25,6	47,8	43,5	53,3	68,2 %
Gesamtfang der drei Arten . .	5472	5607	4187	2542	4043	5510	3600	2664 Stück

Die Tabelle erweist eine außerordentlich schnelle Abnahme des Fangs an Buckelwalen, eine Steigerung des Fangs an Finnwalen bis 1913/14, die dann abgelöst wird durch eine starke Steigerung des Fangs an Blauwalen. Dies erklärt sich zum Teil dadurch, daß sich die Jagd mehr und mehr auf die größeren Wale einstellt^{a)}, da diese den größten Ertrag an Öl ergeben. Andererseits scheint aber auch die Tabelle darauf hinzuweisen, daß sich die Zahl der vorhandenen Buckelwale stark vermindert hat, daß also Raubbau getrieben worden ist. Und dies ist tatsächlich die Hauptbefürchtung der britischen Regierung, daß der Walfang in den südlichen Meeren eines Tages wegen Verringerung des Bestandes unrentabel werden könnte, ähnlich wie er es bei Spitzbergen und Grönland geworden ist. Zur Ergänzung der oben angeführten Tabelle dient eine andere Zusammenstellung, die die Fangergebnisse des ganzen Jahres (Oktober bis September) nebst dem Ertrag an Öl und Guano für Süd-Georgien gibt:

Jahr	1909/10	1910/11	1911/12	1912/13	1913/14	1914/15	1915/16	1916/17	1917/18
Zahl der Wale	3 516	6 529	6 535	4 850	3 349	5 097	7 361	4 471	3 199
Öl (Barrels)	104 316	189 363	212 262	212 992	176 487	270 507	346 269	268 327	202 503
Guano (Sack)	3 130	16 050	48 737	77 187	85 775	85 393	83 651	9 705	994

Diese Tabelle erweist eine bessere Ausnutzung des Fangs im Laufe der Jahre, die Maschinenanlagen zur Gewinnung des Öls sind verbessert worden u. a. m. Die starke Abnahme der Guanoerzeugung ist eine Folge der Kriegsnachfrage nach Öl, die zeitweise zur völligen Einstellung der Gewinnung von Guano führte. Auch in anderer Hinsicht ist das Zahlenmaterial der Tabelle durch den Krieg beeinflusst, so fehlte es in einzelnen Jahren an Kohle oder auch an Fässern, eine Folge der Frachtraumnot, so daß die Produktion eingeschränkt werden mußte.

Wenn man die Walindustrie erhalten und beleben will, so ist vor allem ein genaues Studium der Lebensverhältnisse der Wale erforderlich. Zunächst gilt es, genauere Kenntnis von der Vermehrung und den Wanderungen der Wale zu erhalten. Die Gebiete, die für die Zeugung von den Walen bevorzugt werden, sind nicht die gleichen, in denen die Walnahrung am reichlichsten ist. Infolgedessen finden Wanderungen der Wale statt zwischen den Zeugungsgründen und den Hauptnährgebieten in der Subantarktis. Letztere werden meist nach Ende des polaren Sommers verlassen, die Wale wandern nordwärts, und man hat namentlich in den Gebieten an der Westküste Afrikas Buckelwale zur Zeit des Südwinters bis über den Äquator hinaus in großer Zahl angetroffen. Hier in den warmen Gewässern findet sowohl Zeugung

wie Gebären statt; man hat aus Fötusstatistiken ermittelt, daß beide Vorgänge in nicht weit voneinanderliegenden Monaten stattfinden, die Zeit der Trächtigkeit kann man im Durchschnitt auf ein Jahr ansetzen. Die Länge der Jungen bei der Geburt schwankt wahrscheinlich innerhalb weiter Grenzen, der größte gemessene Fötus beim Finnwal betrug 21 Fuß, beim Blauwal 29 Fuß, beim Buckelwal 16 Fuß 9 Zoll. Wie einzelne Beobachtungen ergeben haben, wachsen die Jungen sehr schnell heran.

Über zirkumpolare Wanderungen der Wale ist nichts bekannt. Einige Daten über Wanderungen von Walen hat man durch Wiederfinden von verlorengegangenen Harpunen in gefangenen Walen erhalten. Um mehr Beobachtungen über die Wanderungen zu erhalten, wird die Markung von Walen durch ein kleines Geschoß mit einer mit Nummer versehenen Scheibe empfohlen, die eine Identifizierung beim endgültigen Fang des Tieres gestattet.

Von großer Bedeutung sind Untersuchungen über die Nahrung der Wale, da man annehmen muß, daß die Wale die subantarktischen Meere wegen der ihnen hier zur Verfügung stehenden reichlichen Nahrung aufsuchen. Empfohlen wird die Untersuchung der Mägen der erlegten Wale, um festzustellen, ob verschiedene Arten verschiedenes Plankton bevorzugen. Ferner ist die Verteilung und die Menge der Walnahrung, namentlich auf den Walgründen, ihre jahreszeitlichen Schwankungen hinsichtlich der Menge und die Tiefe, in welcher sie gefunden wird, festzustellen. Diese Untersuchungen über die Nahrung der Wale sind sehr schwierig und langwierig, auch sind hierbei die physikalisch-chemischen Verhältnisse des Wassers zu berücksichtigen. Beim Buckel- und Finnwal ist die Untersuchung auch auf die Fischnahrung auszudehnen.

Alle diese Untersuchungen müssen auf breiter Basis angelegt werden. Namentlich muß großes Gewicht auf die Fortführung der statistischen Feststellungen seitens der Walfanggesellschaften gelegt werden. So sollte von jedem Exemplar Art, Geschlecht, Gesamtlänge, Fangdatum und bei trächtigen Weibchen die Länge des Fötus festgestellt werden; von Belang ist außerdem auch die Position des Fangortes. Um nur einiges für die Bedeutung dieser Feststellungen anzuführen, sei darauf hingewiesen, daß nahendes Aussterben einer Art durch Verminderung der Größe der erwachsenen Individuen angezeigt wird; das Studium der Länge des Fötus gibt Hinweise auf die verschiedenen Fragen, die mit der Be-

^{a)} Der Buckelwal erreicht selten mehr als 50 Fuß, der Finnwal mehr als 85 Fuß, während der Blauwal zuweilen mehr als 100 Fuß Länge erreicht.

gattung und der Geburt der Jungen zusammenhängen, das Fangdatum und der Fangort ermöglichen Schlüsse hinsichtlich der Wanderungen der Wale. Zur Statistik muß die *Tätigkeit der geschulten Zoologen* treten, die namentlich die Unterschiede der verschiedenen Arten im Norden und Süden zu studieren haben und ergänzende und kontrollierende Untersuchungen auf den Walfangstationen auszuführen hätten. Von großem Wert sind Beobachtungen über das Leben der Wale, ihre Gewohnheiten, die Tauchtiefe und die Tauchzeit, ihr Vorkommen in sogenannten Schulen u. a. m. Diese ganzen Untersuchungen dürfen nicht auf die Walgründe beschränkt bleiben, sondern die Forschungsdampfer müssen zuweilen auch die wärmeren Gebiete aufsuchen, namentlich zu Zeiten, wenn die Wale von den Gründen fort sind. Ferner sind die Fangmethoden gut zu beschreiben und die Methoden der Verarbeitung der Wale an den Küstenstationen und auf den schwimmenden Kochereien zu studieren, um ökonomische Vorteile zu erzielen.

Eine besondere Aufmerksamkeit wird der *Gefahr der Abnahme des Walbestandes* gewidmet werden, die verhindert werden soll. Entweder können die Wale ganz von den Fanggründen verschwinden, so daß die Walindustrie vernichtet wird, oder die Wale vermindern sich so stark, daß ihr Fang nicht mehr die Unkosten lohnt. Daß die Gefahr besteht, zeigt die Geschichte des Walfanges in den Nordmeeren, andererseits äußern sich *Hjort* und Kapitän *Larsen* dahin, daß die antarktischen Meere ein großes Reservoir von Walen bilden, und daß Verluste des Bestandes bei dem heutigen Stand des Fanges mühelos aus dem Reservoir ersetzt werden. Dies ist aber eine Annahme, der die Abnahme der Buckelwale auf den subantarktischen Fangplätzen entgegensteht und die den Magistrat von Süd-Georgien veranlaßt hat, die Jagd auf Buckelwale für das Jahr 1918/19 zu verbieten. Befürwortet wird neuerdings, eine Schonzeit für die Wale vom 15. Mai bis 30. September einzuführen. Auch das Gutachten von *J. F. Harmer* vom Britischen Museum lautet dahin, daß auf die eine oder andere Art der Walschlächtereier, wie sie jetzt ausgeübt wird, bald Einhalt getan werden muß, wenn man nicht dauerndes Unrecht den Walen selbst und den Interessen der Walfanggesellschaften zufügen will.

Es werden dann weiter Vorschläge gemacht, um die Walindustrie besser unter Kontrolle zu haben. So sollen Lizenzen in Zukunft nur ganz kurzfristig und nur für eine bestimmte Anzahl von Fangschiffen gegeben werden, damit die Regierung den Fang stets regulieren kann. Es dürfen jedenfalls nicht mehr Wale gefangen werden, als restlos verarbeitet werden können. Gewicht wird auf die Beschäftigung britischen Personals auf den Fangschiffen und Stationen gelegt, bislang sind fast nur Norweger hier tätig, während früher Großbritannien eine große Walfängerflotte besaß. Ob man durch Zwang auf die Walfang-

gesellschaften in dieser Beziehung etwas erreicht, erscheint fraglich.

Von den aus den Walen gewonnenen Produkten ist das *Walöl* das wertvollste, da es in der Seifenfabrikation ausgedehnte Verwendung findet, ein Nebenprodukt ist *Glyzerin*, das im Krieg viel zur Herstellung von Explosivstoffen verwandt wurde. Während früher die Verarbeitung des Walöls in Norwegen, Deutschland und den Niederlanden vorgenommen wurde, soll jetzt Großbritannien der Haupteinfuhrplatz werden. Die chemischen Fragen der Verarbeitung des Walöls sollen nicht nur in England verfolgt werden, sondern auch die auf den Forschungsschiffen zu entsendenden Chemiker sollen diesen Fragen ihre Aufmerksamkeit auf den Faktoreien widmen. Als ein weiteres nutzbar zu machendes Objekt kommt das Walfleisch in Frage. Die Urteile über den Geschmack des Walfleisches lauten recht verschieden, auf den Fangplätzen wird Walfleisch in großem Umfang gegessen, in Neu-Seeland wird Walfleisch zu Konserven verarbeitet. Untersuchungen über den Export von Walfleisch — entweder als Konserven oder in Kühlschiffen — sind jedenfalls zu empfehlen, da, wenn sie erfolgreich sind, der Walfang eine große Wertsteigerung erfährt.

Die Robbenindustrie.

In den subantarktischen Gebieten kommen folgende Robbenarten vor: die Pelzrobbe, der Seelöwe, der Seeelefant und die Haarrobbe (Seeleopard, Krabbenfresser, Weddellrobbe und Roßrobbe). In seinem geschichtlichen Rückblick (Appendix I) gibt *W. S. Bruce* nähere Einzelheiten über den Robbenschlag im Anfang des 19. Jahrhunderts. Der erste bekanntgewordene Fang von Robben zu ökonomischen Zwecken scheint die Ladung des „*Juan Nepomuceno*“ zu sein, der im Februar 1820 14 600 Pelzrobben in Buenos Aires landete. In der nächsten Saison 1820/21 waren wenigstens 22 britische und 25 amerikanische Robbenschlägerschiffe in Tätigkeit, annähernd ebenso viel 1821/22. So brachte der Kutter „*Eliza*“ (Kapt. *Powell*) 1821 16—18 000, „*Salisbury*“ 1821 9000, „*Indian*“ 1821 20 000, „*George*“ 1821 18 000, „*Dragon*“ 1821 5000, 5 britische Schiffe 1820/21 95 000 Pelzrobben auf den Markt. Die Angaben von *Weddell*, daß in den Jahren 1820/22 etwa 320 000 Pelzrobben auf den Süd-Shetlands geschlagen seien, erscheinen hiernach glaubhaft. Die Folge war eine schwere ökonomische Schädigung, in wenigen Jahren war die Pelzrobbe sowohl auf den Süd-Shetlands wie auf Süd-Georgien ausgerottet. Heute ist der Robbenschlag durch Gesetz geregelt, über die Ergebnisse liegt eine Statistik von Süd-Georgien vor (siehe nächste Seite oben).

Ökonomischen Wert hat hauptsächlich der Seeelefant wegen des Ölertages, das Fell wird nicht nutzbar gemacht. Wenn es gelingen würde, die Pelzrobbe, deren Fell einen hohen Wert darstellt,

Jahr	Seeelefanten	Seeleoparden	Weddellrobben	Insgesamt	Öl in Barrels	Wert in £
1910	2965	35	5	3005	3467	7 497
1911	1985	65	9	2059	4031	10 077
1912	2659	87	48	2794	5712	14 280
1913	4503	26	11	4540	7840	23 570
1914	3070	33	10	3113	4641	10 000
1915	2016	—	1 Pelzrobbe	2017	2537	—
1916	2867	25	14	2906	5337	16 000
1917	2941	77		3018	5297	26 485
1918	2952	2		2961	6137	30 685

wieder in die Gebiete des Südatlantischen Ozeans einzuführen, so würde damit ein erheblicher Nutzen verbunden sein. Das wissenschaftliche Kontrollsystem der Vereinigten Staaten auf den Pribylofinn im Beringsmeer hat gezeigt, daß Pelzrobben mit geeigneten Methoden wie Haustiere gehalten werden können. Ein Versuch, die Pelzrobben in den subantarktischen Gebieten wieder einzuführen, erscheint daher nicht ganz aussichtslos und soll unternommen werden, wenn gleich zu berücksichtigen ist, daß die Pelzrobben einen großen Teil des Jahres im Meer zubringen, und es fraglich ist, ob sie nach den Gebieten, wo sie ausgesetzt wurden, zurückkehren werden.

Auch die *Fischerei* kann unter Umständen zu einem erfolgreichen Unternehmen ausgestaltet werden, da Südamerika ein großes Absatzgebiet ist, das heute aus den nordischen Ländern (Norwegen, Kanada und Neufundland) versorgt wird. Bislang ist noch wenig über den Fischbestand der subantarktischen Inselgebiete bekannt, es kommt auf den Versuch an, ob die Erträge die großen Unkosten, die auf einer ausgedehnten Fischerei in diesen entlegenen Gebieten lasten, decken werden. Die *Pinguine* werden schon jetzt durch gesetzliche Maßnahmen in den Dependenzien geschützt, sie sind in Notfällen als ein wertvolles Nahrungsmittel für Expeditionen erkannt worden. Es sind auch Versuche gemacht worden, Tiere auf Süd-Georgien zu akklimatisieren. Die Einführung von *Renntieren* ist nicht ohne Erfolg geblieben, aber zur Aufzucht einer größeren Menge dürfte es an genügendem Futter fehlen. *Schafe* in größeren Mengen zu halten erscheint gleichfalls aussichtslos, da der Winter zu hart ist, um sie ohne Schutz zu lassen.

Wissenschaftliche Forschungen.

Unsere Kenntnis von den subantarktischen Gebieten ist bis heute nur sehr mangelhaft, sie beruht fast ausschließlich auf den Erkundungen der einzelnen antarktischen Expeditionen und der Walfänger. Das, was am meisten nottut, ist eine Festlegung der Küsten oder die *Vermessung der Inseln und Länder*, da dies die Grundlage für alle weiteren Forschungen bildet. Die vorhandenen Karten sind meist ungenau, nur Sondergebiete sind von einzelnen Expeditionen gut aufgenommen, aber schwer zu benutzen, da der Zu-

sammenhang mit den umliegenden Gebieten fehlt. Eine Karte der Südshetlands, die auf Grund des vorhandenen Materials an Aufnahmen von W. S. Bruce neu entworfen wurde, hat lebhaft Kritik von den norwegischen Walfängern erfahren. Wie mangelhaft die Karten von Südgeorgien sind, ergab die flüchtige Vermessung der Insel durch Mitglieder der Deutschen Antarktischen Expedition 1911/12⁴⁾, die Ungenauigkeit der Karten wird auch von den Berichterstattern angegeben.

Über die *Strömungen* in dem ganzen Seegebiet ist wenig bekannt, ebenso liegen nur wenig Beobachtungen über die *Gezeiten und Gezeitenströme* sowie über die Temperaturverhältnisse des Meeres vor. Die Tiefenverhältnisse der Weddellsee sind gut durch die antarktischen Expeditionen erforscht, dagegen fehlt es in der Subantarktis noch sehr an *Tiefseelotungen*. 1916 wurde eine Klippe halbwegs zwischen Süd-Georgien und den Süd-Orkneys in 58° 31' s. Br., 41° 48' w. Lg. gemeldet, deren Nachprüfung dringend erforderlich ist.

Ferner sind *chemisch-physikalische Untersuchungen* notwendig, um die Ursachen zu finden, von denen die Verteilung der Wale im Ozean in verschiedenen Jahren und verschiedenen Jahreszeiten abhängig ist. So ist der Unterschied im Walfang in den einzelnen Jahreszeiten sicherlich zum Teil bedingt durch Wechsel in den Versammlungsplätzen der Wale oder in der Wanderung der Walschulen. Es ist hierbei auch die Frage zu lösen, ob die Wale unterschiedslos über den ganzen Ozean verteilt oder bestimmte Gebiete bevorzugt sind. Alles dies muß mit den Eigenschaften des Wassers, seinen Bewegungen und seinem Planktongehalt in Verbindung stehen. Erforderlich sind Sammlungen von Wasserproben durch Dampfer und Strommessungen, die sich aber in diesen stürmischen Gebieten recht schwierig gestalten dürften. Eine systematische Erforschung der Meeresoberfläche und der einzelnen Tiefenschichten erscheint durchaus geboten im Interesse der Walindustrie, ist aber auch von allgemein-wissenschaftlicher Bedeutung.

Zu den ozeanologischen Forschungen gesellen sich die *meteorologischen und magnetischen Untersuchungen*. Erstere sind erforderlich

⁴⁾ Vgl. Ann. d. Hydr. usw. 1912, S. 128 ff. u. Tafel 8.

namentlich zum Studium des Zusammenhangs der meteorologischen Verhältnisse in der Antarktis mit denen in Südafrika, Indien und in anderen Gebieten. Großer Wert wird auf die Errichtung erdmagnetischer Observatorien auf den verschiedenen Inselgruppen gelegt, um die säkulare Änderung der erdmagnetischen Elemente feststellen zu können. Vorgesehen wird die Entsendung von Fachmeteorologen und die Ausbildung der Kommandanten der Forschungsschiffe in erdmagnetischen Beobachtungen. Auch die Mitgabe eines Geologen ist vorgesehen zwecks einer allgemeinen geologischen Erkundung der Gebiete. Falls eine eingehendere geologische Aufnahme Nutzen verspricht, soll eine solche später in Angriff genommen werden.

Die Forschungsschiffe.

Die wichtige Frage, mit welchen Schiffen diese Untersuchungen auszuführen sein würden, wurde einer besonderen Kommission übergeben. Diese empfiehlt, zwei Schiffe von etwa 700 und 215 tons netto zu benutzen. Beide Schiffe sollen hölzerne Dreimastschoner mit Hilfsmaschine und ausgerüstet mit F. T. sein, das kleinere ist als Begleitschiff (Tender) des größeren Schiffs gedacht. Das kleinere Schiff soll so gebaut sein, daß es auch in schweres Eis gehen kann (Eishaut); das größere soll nur am Bug und Heck geschützt sein. Jedes Schiff soll zwei Laboratorien, einen Kartenraum mit Bibliothek und eine Dunkelkammer enthalten, ferner eine transportable Hütte, zwei Doppelzelte, zwei Schlitten und Motorboote mit sich führen. Die Vorteile der Verwendung zweier Schiffe sind: Ausführung von Simultanbeobachtungen, größerer Umfang des zu untersuchenden Gebiets, Erleichterung der Vermessung. Auch kann bei Verlust oder Beschädigung eines Schiffes das andere Schiff die Untersuchungen fortführen.

Die Kontrolle und Finanzierung der Untersuchungen soll in Händen der Admiralität und des Kolonialamts liegen, dem eine beratende Kommission, die sich aus Delegierten der verschiedenen Ämter und Fachwissenschaftlern zusammensetzt, zur Seite stehen soll. Der nautische Stab der Expedition wird aus 2 Kommandanten, 6 Leutnants, 1 Navigationsoffizier, 1 Ingenieur, 1 Arzt und 1 Beamten bestehen, ferner ist die Teilnahme von 7 Gelehrten vorgesehen, von denen 5 ständig an Bord sein sollen. Die Kosten für die Beschaffung der beiden Schiffe wurden zur Zeit des Berichts auf 85 000 £, die Unterhaltungskosten auf 28 bis 33 000 £; die Beschaffung der Ausrüstung auf 20 000 £ geschätzt.

Der vorstehende Auszug aus der Denkschrift erschöpft keineswegs das in ihr enthaltene reiche Tatsachenmaterial. Aber auch aus diesem Auszug dürfte schon ersichtlich sein, mit welcher großenteils vorbildlichen Gründlichkeit England diese in Aussicht genommenen Forschungen vorbereitet. Dieser Eindruck wird noch verstärkt durch das Studium des Anhangs, in dem die Einzelgutachten und Rundfragen wiedergegeben sind.

Steht auch an erster Stelle der ökonomische Nutzen, so wird doch stetig anerkannt, daß nur wissenschaftliche Forschung die Lösung der Probleme fördern kann.

Zuschriften an die Herausgeber.

Bemerkungen über die Kathederanatomie.

Im 43. Heft der „Naturwissenschaften“ erhebt C. Elze in einem Bericht über das neue Lehrbuch der Anatomie von H. Braus, das im Verlag dieser Zeitschrift erschien, heftige Vorwürfe gegen den jetzigen Stand der „Kathederanatomie“. Ich glaube im Sinne der Mehrzahl der anatomischen Kollegen zu handeln, wenn ich diesen in einer so angesehenen Zeitschrift erschienenen Angriff nicht unerwidert lasse.

Zunächst eine Bemerkung über Elzes Erwähnung der Lehrbuchabbildungen. Elze macht hier vor unseren englischen „Blutsverwandten“, deren Aushungerungskrieg wir fast 5 Jahre lang zu erdulden hatten, eine Verbeugung, indem er schreibt, die Abbildungen seien auf dem Umweg über England in die deutschen anatomischen Lehrbücher gekommen. Dabei führt er Quains Lehrbuch und dessen Übersetzung von Hofmann und Fortführung durch Rauber und später durch Kopsch an. C. Elze hätte dabei erwähnen können, daß fast sämtliche Gefäßbilder Quains dem herrlichen deutschen Tafelwerk von Tiedemann entnommen sind (!). Übrigens haben auch schon vor der Mitte des vorigen Jahrhunderts deutsche Anatomen ihre Lehrbücher, nicht wie Quain mit fremden, sondern mit eigenen Abbildungen versehen. So erschien z. B. im Jahre 1845 in Leipzig das Lehrbuch von L. Fries in Marburg mit 213 selbstgezeichneten Abbildungen. Auch das treffliche Lehrbuch H. Meyers, das auf physiologischer Grundlage aufgebaut ist und 1855 erschien, hat bereits zahlreiche Abbildungen. C. Elze bespöttelt die deutschen Anatomen, die ein „Netz von Linien über den Körper“ zogen, „das ihn in einzelne Regionen einteilte“. Er übersieht, daß es ein entschiedenes Verdienst unserer „Nomenklaturkommission der Anatomischen Gesellschaft“ war, aus den vielen verschiedenen, von den Praktikern gebrauchten Bezeichnungen und Begrenzungen der einzelnen Körpergegenden die ihr am zweckmäßigsten scheinenden für den Gebrauch in den anatomischen Lehrbüchern festzulegen. Daß die Aufstellung solcher Linien und Gegenden zwar für die theoretische Anatomie wertlos, aber gerade für die Praxis, die Anatomie am Lebenden, zur Verständigung der Ärzte untereinander ebenso unentbehrlich ist, wie die Gradeinteilung der Erde oder das Liniennetz eines Stadtplanes, dürfte eigentlich selbstverständlich sein. Auf welche Lehrbücher der Lageanatomie sich der Vorwurf Elzes, keine Rücksicht auf die praktischen Verhältnisse zu nehmen, bezieht, ist mir nicht klar, da die gebräuchlichsten, das von Corning und das von Hildebrand in Text und Bildern überall Beziehungen auf die Anatomie des Lebenden nehmen, ebenso wie Merckels großes Handbuch der topographischen Anatomie und Merckels treffliches Lehrbuch der systematischen Anatomie mit seinen vielen praktischen Hinweisen.

C. Elze sagt aber: „In den 4 Jahrhunderten ihrer Geschichte ist die Lehrbuchanatomie in zunehmendem Maße einem grundsätzlichen Fehler verfallen: sie hat das Hilfsmittel für den Gegenstand der Forschung genommen, die Leiche für den Menschen; die Lehrbücher lehren Anatomie der Leichen, nicht des Menschen!“ Er gibt zu, daß seine Schilderung „absichtlich etwas kraß, obgleich ohne Übertreibung“ sei, und zwar „um

recht eindringend zu zeigen, daß die im Kampfe um eine neue medizinische Prüfungsordnung gegen die Anatomie erhobenen Vorwürfe, wenigstens soweit sie sich gegen die Lehrbücher und Kathederanatomie richten, *nur zu berechtigt*¹⁾ sind, denn leider läßt sich *deren jetziger Stand* nicht besser charakterisieren, als durch die Worte Fausts:

Statt der lebendigen Natur,
Da Gott die Menschen schuf hinein,
Umgibt in Staub²⁾ und Moder nur
Dich Tiergeripp und Totenbein.“

Diese Vorwürfe sind aber entschieden ungerecht. Glücklicherweise wird gewiß von den meisten Lehrern der Anatomie keineswegs die von *C. Elze* mit Recht verdamnte Art der „reinen Leichenanatomie“ getrieben, die er mit Unrecht als die jetzt herrschende („jetziger Stand“) Kathederanatomie bezeichnet. Schon seit Jahrzehnten wird gewiß mindestens von der Mehrzahl der Anatomen in der Vorlesung danach getrachtet, die Brücke von der Leiche zum Lebenden zu schlagen. Ich brauche nur an die mir nächst liegende Leipziger Schule zu erinnern, wo *W. Braune* bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts erfolgreichst im Unterricht die Anatomie des Lebenden heranzog und in der Vorlesung u. a. z. B. sogar auch über den zweckmäßigsten Säbelgriff, den er auf Grund anatomischer Versuche erfunden hatte, sprach, oder an *W. His* d. Ält., der durch seine Naturabgüsse der Eingeweide die Anatomie der entbluteten *Leichenform* der Organe in eine Anatomie der lebenden Form zu verwandeln trachtete, oder an *W. Roux*, dessen Vorlesungen die Anpassung an den Gebrauch („funktionelle Anpassung“) und ursächliche Betrachtungen als Leitfaden durchzogen, oder an *Rückerts* und *Molliers* Lehrweise. Gewiß nicht nur in meinen Vorlesungen in Leipzig, Prag, Innsbruck und Berlin wurden von jeher in den verschiedenen Abschnitten der systematischen Anatomie auch lebende Menschen, magere für Knochen, Gefäße und Nerven, kräftige für Muskeln gezeigt. Daß auch der Anatom es sich nicht entgehen läßt, zur Erweckung des Verständnisses für die Ansätze und die Bedeutung der Muskeln z. B. die bekannten Gesichtsausdrucksbilder *Duchennes* sowie dieses oder jenes klassische Bildwerk in der Vorlesung zu zeigen, dürfte wohl fast allenthalben der Fall sein. In mehr als einem anatomischen Hörsaal sind übrigens klassische Statuen oder Abgüsse von Lebenden aufgestellt, die zum Unterricht herangezogen werden.

Ebenso ist es wohl mit den *Röntgenbildern*. Gewiß werden die meisten Anatomen auch auf dieses wichtige Mittel zur Anknüpfung an den Lebenden nicht verzichten, zumal unser Kollege *Hasselwanger* sich um deren Heranziehung für die anatomische Forschung so verdient gemacht hat, wenn vielleicht auch nicht jeder Anatom seine eigenen Knochen und seinen Röntgenmagen zur Schau stellt, wie ich es schon vor über 20 Jahren begonnen habe.

Auch durch *praktische Hinweise* den künftigen Ärzten die Bedeutung der anatomischen Tatsachen für die Heilkunde ins rechte Licht zu rücken, ist nicht neu, sondern alter Brauch.

Daß ferner die Anatomen in der Vorlesung über systematische Anatomie zur Erleichterung des Verständnisses auch kleine Streifzüge in das Gebiet der Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie im Sinne *Goethes* unternehmen, ist doch seit langer Zeit allgemeine Übung (vgl. auch *R. Fick*, Über den Unterricht in der systematischen Anatomie. Rektoratsrede,

Innsbruck 1914). Ja in dieser Hinsicht geschah vielleicht von manchen Lehrern sogar des Guten eher etwas zu viel als zu wenig. Solche Übertreibungen, d. h. zu starke Betonung der Morphologie, sind es offenbar gerade gewesen, die mindestens von manchen der Rufer im Streite nach einer Neuordnung der Studien und Prüfung (deren Erscheinung übrigens allgemach schon stark abflaut) ihren Klagen in Wahrheit zugrunde liegen. Nicht die „Leichenanatomie“ ist es, die diese Stimmen bekämpfen, sondern (zum Teil vielleicht ohne es offen zuzugeben) die allzu wissenschaftliche morphologische Behandlung der Anatomie einzelner Anatomen (s. *R. Fick*, Vorrede zum Handbuch d. Anat. u. Mech. d. Gel., Jena 1904), da heutzutage ein Großteil der Studenten leider mehr und mehr zum Banausen zu werden neigt.

Die „Kathederanatomie“, die *C. Elze* mit Recht bekämpft, dürfte hingegen kaum auf einem einzigen anatomischen Lehrstuhl des deutschen Sprachgebietes ihr Unwesen treiben und von ihrer allgemeinen Herrschaft in Deutschland ist ganz sicher keine Rede.

Eine andere Frage ist die, ob es zweckmäßig ist, die lebendige, „biologische“ Behandlung der Anatomie, wie sie wohl von der Mehrzahl unserer Kollegen in der Vorlesung geübt wird, einem Lehrbuch der Anatomie zugrunde zu legen, noch dazu in der gewählten Reihenfolge, wie es jüngst *Braus* getan hat. Ferner, ob die in diesem Buch den Studenten mit Sicherheit vorgetragenen Anschauungen alle zutreffend sind und ob nicht öfters die Nennung des Gewährsmannes angebracht gewesen wäre, das sind Fragen, auf die ich hier nicht näher eingehen will. Die meisten anatomischen Lehrer und Schüler werden wohl auch hier anderer Meinung sein als Herr Kollege *Elze* und sich den Ausführungen des Herrn Professor *Stieve*, *W. Roux*’ Nachfolger in Halle (s. Münchener Medizinische Wochenschrift Nr. 29, 1921) und eines so erfahrenen anatomischen Lehrers wie *Eisler* (s. Deutsche medizinische Wochenschrift Heft 38, 1921) anschließen. Für den Anfänger und zum wirklichen Erlernen sowie zum Nachschlagen, wenn sich ein Arzt diese oder jene anatomische Einrichtung wieder ins Gedächtnis rufen will, ist jedenfalls eine klare Scheidung der anatomischen Tatsachen und der biologischen Beleuchtung zweckmäßiger. *Landois*’ Lehrbuch der Physiologie ist bekanntlich in dieser Weise eingerichtet und ich selbst bin in meinem Handbuch der Gelenk-Muskelmeechanik durch Trennung der anatomischen Beschreibung von der Mechanik und den entwicklungsgeschichtlichen, vergleichend-anatomischen und praktischen Betrachtungen diesem Beispiel gefolgt. *H. Braus* hätte gewiß weniger Widerspruch hervorgerufen, wenn er sein Buch nicht „Lehrbuch“, sondern „Vorlesungen über die Anatomie des Menschen“ genannt hätte.

Berlin, den 12. November 1921. *Rudolf Fick*,

Vorstand d. anat. Anstalt
d. Universität Berlin,

Erwiderung.

Die vorstehenden Ausführungen des Herrn Geheimrats *Fick* zwingen mich zu einer Erwiderung.

Ich sehe mich zunächst in der unangenehmen Lage, einen persönlichen Angriff abwehren zu müssen. Wie ist es möglich, in meinem Aufsatz eine Verbeugung vor unseren englischen „Blutsverwandten“ zu finden? Der einzige Satz, welcher dafür überhaupt in Frage käme, lautet: „Die übrigen (scil. Lehrbücher) erhielten wieder Abbildungen auf dem Umwege über England, woran noch manches in dem augenblicklich gang-

¹⁾ Von mir im Druck hervorgehoben. *R. F.*

²⁾ Bei Goethe: in Rauch.

barsten Lehrbuch von *Rauber-Kopsch* erinnert, das ursprünglich einmal eine Übersetzung von *Quains* Textbook gewesen war.“¹⁾ — Dafür, daß sachlich dieser Satz trotz der Anfechtungen von *Fick* richtig ist, rufe ich als zeitgenössischen Zeugen *Joseph Hyrtl* an, welcher 1846 in der Vorrede zu seinem Lehrbuch der Anatomie schrieb: „Es war meine Absicht, das Buch mit Tafeln auszustatten, da ich sehr wohl einsehe, wie sehr die bildliche Anschauung den Begriffen zustatten kommt, und zugleich weiß, mit welchem Beifalle die illustrierten Ausgaben englischer Handbücher auch in Deutschland aufgenommen wurden.“

Dem Vergleiche der Linien und Gegenden, welche der topographischen Anatomie zugrundegelegt werden, mit der Gradeinteilung der Erde stimme ich vollkommen zu, und es liegt mir fern, das Verdienst der Nomenklaturkommission schmälern zu wollen. Aber gibt es eine der üblichen topographischen Anatomie gleiche „Topographie“ der Erde, welche den Inhalt jedes einzelnen von Längen- und Breitengraden gebildeten Feldes beschreibt?!

Die Kathederanatomie habe ich in meinem Aufsatz nur flüchtig gestreift und ohne Erläuterung mit der Lehrbuchanatomie auf eine Stufe gestellt. Das bedeutet vielleicht eine gewisse Verallgemeinerung, findet aber seine innere Begründung darin, daß das Lehrbuch der Niederschlag der in einer Epoche herrschenden Lehrweise zu sein oder, umgekehrt, die Lehrweise sich nach einem Epoche machenden Lehrbuch zu richten pflegt. Ich schrieb: „Die Lehrbücher lehren Anatomie der Leiche“, zum kurzen Ausdruck dessen, daß ihr Gegenstand die Leiche ist, woran nichts Grundsätzliches geändert wird durch die von *Fick* aufgeführten Maßnahmen, etwa durch Hinweise, wie sich das Eine und Andere in der ärztlichen Praxis verhalten läßt, oder durch das Vorzeigen der zunächst an der Leiche beschriebenen Muskeln am lebenden Modell und klassischen Kunstwerk. Der entscheidende Schritt, den *Braus* getan hat, besteht, wie ich glaube in meinem Aufsatz scharf genug hervorgehoben zu haben, daß er entgegen allem bisherigen Brauche vom lebendigen Ganzen ausgeht, so daß man den Satz von *Fick* umkehren und sagen könnte: *Braus* trachtet die Brücke nicht von der Leiche zum Lebenden zu schlagen, sondern vom Lebenden zur Leiche, also dem nun einmal nicht anders gegebenen Objekte der Zergliederung. Durch nichts wird dieser Gegensatz klarer als durch die vergleichende Lektüre des von *Fick* hervorgehobenen Lehrbuches der systematischen Anatomie von *Merkel* und der Anatomie von *Braus*.

In der Frage der Eignung des Brausschen Buches als Lehrbuch für Studierende, auf welche *Fick* zum Schlusse eingeht, kann man selbstverständlich verschiedener Ansicht sein. Aber die Begeisterung, mit welcher die Kliniker das Buch begrüßt haben — ich nenne nur den Berliner Internisten *His*¹⁾, den Sohn des von *Fick* herangezogenen Anatomen, und den Würzburger Chirurgen *König*²⁾ sowie den Frankfurter Physiologen *Bethe*³⁾ —, steht zu der Ablehnung von seiten der Anatomen in einem Gegensatze, der jeden-

falls über die herrschende Kathederanatomie zu denken gibt. Auch hat das von *Fick* zitierte Urteil des Hallenser Anatomen *Stieve* eine sehr ungewöhnliche, ausführlich begründete Zurückweisung erfahren, welche gleichfalls nachdenklich machen muß: die gesamten Heidelberger Studenten der Medizin, Vorkliniker und Kliniker, haben öffentlich⁴⁾ flammenden Protest gegen diese Bewertung des Buches ihres Lehrers erhoben, einen Protest, angesichts dessen die Bemerkung von *Fick* in besonderem Lichte erscheint, daß „heutzutage ein Großteil der Studenten leider mehr und mehr zum Banausen zu werden neigt“. Die Studenten schließen ihre Ausführungen mit den charakteristischen Worten: „Die Anatomie wird nie in unserer Erinnerung als trockene Systematik dastehen, sondern als lebendige Wissenschaft von der Form des Lebenden!“

Rostock, den 11. Dezember 1921.

C. Elze.

Druckfehlerberichtigung. In Heft 46 vom 18. November 1921 sind in der Arbeit *Pfeifers* „Neueste Ergebnisse auf dem Gebiete der Gehirnforschung“ S. 941 die Bilder der Fig. 1 und 2 versehentlich vertauscht worden. Der Text zu Fig. 1 gehört also zur unteren und der Text zu Fig. 2 zur oberen Abbildung. Außerdem wurde für die Fig. 5 ein falsches Klischee verwendet. Es ist zwar auch eine nach mikroskopischen Faserpräparaten plastisch modellierte Hörmarklamelle von hinten gesehen, aber nicht derselbe Typus wie der in Fig. 4 von vorn abgebildete. Um jedes Mißverständnis zu vermeiden, geben wir deshalb die richtige Abbildung nebenstehend wieder.

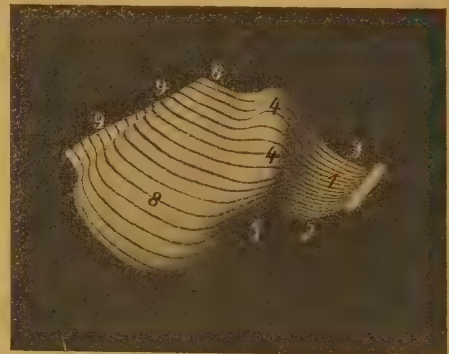


Fig. 5. Nach mikroskopischen Faserpräparaten plastisch modellierte Form der Hörmarklamelle des Gehirns (linke Hemisphäre) beim Typus der flach-abfallenden Querwindung. Letzter Abschnitt der Hörbahn in ihrem Verlauf nach dem Schläfenlappen von hinten. 1 = Weg durch die sogenannte innere Kapsel. 2, 5 = Zuleitung für die tiefsten Töne. 3, 6 = Zuleitung für die höchsten Töne. 4 = Kappenbildung über den sogenannten Linsenkern. 9 = Endigung der Hörstrahlung in der temporalen Querwindung.

In dem Aufsatz: *Hermann v. Helmholtz* und die Augenheilkunde von *H. Erggelet*, Jena (Heft 48 vom 2. Dez.), fehlt durch die Schuld der Druckerei auf S. 972, Spalte 1 in der dritten Zeile vor dem Beginn des Zitates das Wort „nicht“ hinter „allein“. Der Satz soll heißen: *Helmholtz* dankte in der festlichen Versammlung mit einer geistvollen Rede für die ihm zuteil gewordene Ehrung und kleidete in vornehmster Bescheidenheit die Ablehnung der ihm allein nicht zukommenden, ihm zu reichlich zugeschriebenen Verdienste in folgende Worte.

⁴⁾ Deutsche med. Wochenschr. Nr. 43, 1921, S. 1316.

¹⁾ Kongreßzentralbl. f. d. ges. innere Medizin Bd. 18, II. 1, 1921.

²⁾ Archiv f. orthop. u. Unfall-Chirurgie Bd. 19, H. 2, 1921.

³⁾ Berichte über d. ges. Physiol. u. experim. Pharmacol. Bd. 8, H. 3/4, 1921.

Sachregister.

- Abfluß**, Die Beziehungen zwischen Niederschlag, — und Verdunstung in Mitteleuropa (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 533.
- Absorption**, Bohrsche Theorie der Serienspektren zur Erklärung der —. S. 20.
- Absorptionslinien**, Die Einwirkung starker elektrischer Felder auf die — des Natriumdampfes (Zuschr.). S. 667.
- Abstammung des Menschen** (Th. Mollison). S. 128.
- Absterbeordnung**, Zur Analysis der — (Karl Küpfmüller). S. 25.
- Zur Analysis der — (Zuschr.). S. 163.
- Nochmals die Analysis der — (Zuschr.). S. 377.
- Abwehr**, Zur — (Zuschr. Einstein). S. 219.
- Aconitum variegatum**, Über den Wasserkelch der Blütenknospe von —. S. 934.
- Adaptation**, Zur vollkommenen lokalen — der Netzhaut (Zuschr.). S. 993.
- Aerodynamische Versuchsanstalt**, Ergebnisse der — (Bespr.). S. 498.
- Afghanistan**, Reisen in Persien und — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 551.
- Afrika**, tropisches, Natur- und Lebensbilder aus dem — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 652.
- Alandsfrage** und andere politisch-geographische Probleme des Nordens (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 238.
- Algol**, Studie des Lichtwechsels von —. S. 422.
- Allertal**, Morphologie und Altersfrage der Salzstöcke im unteren — (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 553.
- Allotropie**, Theorie der — (Bespr.). S. 947.
- Alter**, Botanische Betrachtungen über — und Tod. S. 906.
- Über die Bestimmung des — bei Honigbienen. S. 398.
- Altern**, Der Einfluß des — der Keimzellen auf das Zahlenverhältnis spaltender Bastarde (C. Correns). S. 313.
- Ameisen**, Mazedonische — (Bespr.). S. 616.
- Amerika**, Geographisches aus —. S. 221.
- Analyse**, Praktikum der quantitativen und anorganischen — (Bespr.). S. 100.
- Praktikum und Repetitorium der quantitativen — (Bespr.). S. 100.
- Analytische Chemie** (Bespr.). S. 764.
- — Handbuch der — (Bespr.). S. 546.
- Anatomie**, Die pathologische — der Malaria. S. 909.
- Die programmatische Bedeutung einer neuen — des Menschen (C. Elze). S. 872.
- vergleichende. Vorlesungen über — (Bespr.). S. 991.
- Angola**. S. 458.
- Animal light**, The nature of — (Bespr.). S. 577.
- Anorganische Chemie**, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 51.
- Antarktische Expedition 1911–1912**, Drachen- und Ballonaufstiege der Deutschen — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 84.
- Antike Technik** (Bespr.). S. 270.
- Argentinien**, Reisen durch — während zehn Jahre im Dienste der Landesaufnahme (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 1019.
- Artbastarde**, Die Verwertung der Mendelschen Spaltungsgesetze für die Deutung von —. S. 382.
- Artbildung**, Die quantitative Grundlage von Vererbung und — (Bespr.). S. 795.
- Arzneigemische**, Über die Wirkung von — (Zuschr.). S. 162.
- Asiatische Ortsnamen**, Internationale Liste —. S. 862.
- Asthma**, Heuschnupfen und verwandte Erscheinungen. S. 223.
- Astronomentagung**, Die bevorstehende internationale — in Potsdam (Otto Birk). S. 609.
- Astronomenversammlung**, Bericht über die internationale — in Potsdam (O. Birk und E. v. d. Pahlen). S. 839.
- Astronomie** (Bespr.). S. 746.
- Astronomiska Miniaturer** (Bespr.). S. 269.
- Astrophysikalisches Observatorium**, Das neue — in Victoria. S. 654.
- Atomgröße**, Die Regulierung der —. S. 1037.
- Atombau und Spektrallinien** (Bespr.). S. 233.
- Atomkern**, Über Rutherfords Entdeckung eines neuen leichten — (Adolf Smekal). S. 77.
- Atomkonstitution**, Radioaktivität und — (Lise Meitner). S. 423.
- Atomstruktur**, Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der — (K. Fajans). S. 729.
- Atomstruktur**, Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der — (Zuschr.). S. 993.
- Aufprall**, Elektrizitätserregung durch —. S. 514.
- Auge**, Die Lehre vom Raumsinn des — (Bespr.). S. 37.
- Augenheilkunde**, Hermann v. Helmholtz und die — (H. Ergelet). S. 967.
- Ausdrucksbewegungen**, unbewußte, Über die Bedeutung der — für die Identifizierung geistiger Vorgänge (Otto Löwenstein). S. 403.
- Avogadrosche Regel**, Theoretische Chemie vom Standpunkte der — und der Thermodynamik (Bespr.). S. 855.
- Bakteriologie**, Theoretische — (Zuschr. Rahn). S. 374, 483.
- Balmer**, J. J., und W. Ritz (A. Hagenbach). S. 451.
- Baltasekunden- und andere Verfahren** (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 554.
- Bastarde**, spaltende, Der Einfluß des Alterns der Keimzellen auf das Zahlenverhältnis — (C. Correns). S. 313.
- Baumwollkultur in Südamerika**. S. 174.
- Bell-Magendisches Gesetz** s. Boekes Studien (C. Elze). S. 487.
- Betriebsspannung**, Die kleinste — eines Lichtbogens. S. 102.
- Bevölkerungsrückgang in Nordfrankreich** und seine geographischen Begleiterscheinungen (B. Brandt). S. 471.
- in Nordfrankreich und dessen geographische Begleiterscheinungen (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 434.
- Bewetterung von Steinkohlenbergwerken** (Karl Kegel). S. 153.
- Bewußtseinsvorgänge**, Die physiologischen Grundlagen der — (F. B. Hofmann). S. 165.
- Bienen**, Dressurfähigkeit der — auf Spektrallinien (A. Kühn und R. Pohl). S. 738.
- Honig-, Über die Bestimmung des Alters bei —. S. 398.
- Bienen- und Wespengehirne**. S. 511.
- Bildkontraktionen und Verzerrungen auf photographischen Platten**. S. 382.
- Binnensee**, Schlammsschichtung in — (Fr. Lenz). S. 325.
- Biologie**, Allgemeine — (Bespr.). S. 250.

- Biologische Hilfsquellen der Gewässer Nordamerikas. S. 19.
- Bleiisotopen, Die Röntgenspektren der —. S. 514.
- Blüten, Das Verblühen der — (Hans Fitting). S. 1.
- Blütenteile, Über Korrelationen zwischen — und den geotropischen Bewegungen der Blütschäfte. S. 379.
- Blutuntersuchung, Methodik der — (Bespr.). S. 767.
- Blutverteilung, Die Regulierung der — in den Kapillaren (U. Ebbecke). S. 629.
- Bookes „Studien zur Nervenregeneration“, Betrachtungen über —, zugleich eine Kritik des Bell-Magendieschen Gesetzes (C. Elze). S. 487.
- Bohrsche Theorie der Serienspektren zur Erklärung der Absorption. S. 20.
- Bosporus, Die Strömungen des —. S. 55.
- Botanik, Lehrbuch der — für Hochschulen (Bespr.). S. 886.
- Lehrbuch der — für Mediziner (Bespr.). S. 394.
- Botanische Betrachtungen über Alter und Tod. S. 906.
- Brennfleckstudien. S. 175.
- Brille, Die Entwicklung der — VIII (Bespr.). S. 98.
- Buchara, Russisch-Turkestan und — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 39.
- Bunsen-Gesellschaft. Hauptversammlung der deutschen —. S. 902.
- California, The marine decapod Crustacea of — (Bespr.). S. 766.
- Cellobiose, Die Struktur der — (Max Bergmann). S. 308.
- Characeen, Oberschlesische —. S. 667.
- Chara crinita, Die Nachkommenschaft aus amphimiktisch und apogam entstandenen Sporen von —. S. 637.
- Chemie, allgemeine Grundriß der — (Bespr.). S. 547.
- Analytische — (Bespr.). S. 764.
- Handbuch der — (Bespr.). S. 546.
- anorganische, Handbuch der — (Bespr.). S. 233.
- Lehrbuch der — (Bespr.). S. 51.
- Einleitung in die — (Bespr.). S. 728.
- Die Tätigkeit des Kaiser Wilhelm-Institutes für — von 1912—1921 (Ernst Beckmann). S. 305.
- Probleme der modernen — in allgemeinverständlicher Darstellung (Bespr.). S. 549.
- Aus der organisch-chemischen Abteilung des Kaiser Wilhelm-Institutes für — (Alfred Stock). S. 342.
- organische, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 965.
- — Kurzes Lehrbuch der — (Bespr.). S. 231, 764.
- Die Radikale in der älteren und in der modernen — (Hans Lecher). S. 541, 561.
- Theorien der — (Bespr.). S. 231.
- physikalische, Praktikum der — (Bespr.). S. 547.
- Ad. Stöckhardts Schule der — (Bespr.). S. 16.
- Theoretische — vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik (Bespr.). S. 855.
- Chemiker-Kalender 1921 (Bespr.). S. 235.
- Chemische Eigenschaften der Legierungen. S. 619.
- Elemente, Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den — (Bespr.). S. 576.
- Erforschung der Naturfarbstoffe (Bespr.). S. 548.
- Konstitution, Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und — (Bespr.). S. 233.
- Chilomastix mesnili (Wenyon), On the morphology and mitosis of —. S. 910.
- Chinesische Mauer, Von der —. S. 118.
- Chlor, Über die Isotopen des —. S. 437.
- Chlorophyll, Kristallisiertes —. S. 582.
- Chlorpikrin als Schädlingsbekämpfungsmittel in seinen Wirkungen auf Tier und Pflanze (Joh. Wille). S. 41.
- Coffein, Die große Bedeutung des —. S. 797.
- Crepis capillaris Wallr., Inbreeding and crossbreeding in —. S. 621.
- Crustacea, The marine decapod — of California (Bespr.). S. 766.
- Cygni, Doppelsternsystem sehr kurzer Periode —. S. 421.
- Cyanophyceen, Ein Fall von Eisenchlorose bei —. S. 934.
- Cyanophyceenfarbe, Ein neuer die — bestimmender Faktor. S. 934.
- Cyanophyceenzelle, Das Problem der —. S. 668.
- Cystoflagellata (Haeckel), A new morphological interpretation of the structure of Noctiluca, and its bearing on the status of the —. S. 909.
- Darwin, Für —. Ein Wort zu O. Hertwigs „Werden der Organismen“ (Zuschr.). S. 253.
- und der Keplerbund (Zuschr.). S. 650.
- Darwinismus, Oswald Spenglers „Untergang des Abendlandes“ und seine Stellungnahme zum — (Hermann von Voß). S. 767.
- Desensibilisatoren, Die photographischen — und ihre Nutzenanwendung im Safraninverfahren (Lüppo-Cramer). S. 725.
- Deutschland, Die Lage der Ernährungswissenschaft in — (Max Rubner). S. 340.
- Das Klima von —. S. 931.
- Gründung eines Archivs für die Paläogeographie — (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 85.
- Die Schneehäufigkeit —. S. 436.
- Deutsch-Ostafrika, Forschungsexpedition in —. S. 56.
- Dichten, Über die — der Doppelsterne. S. 597.
- Diluvialmensch, Ehringsdorfer, Die Rassenzugehörigkeit des — und die Umgrenzung des Neandertaltypus (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 85.
- Dispositionslehre, Zur Konstitutionslehre und — (O. Lubarsch). S. 812.
- Doppelsterne, Über die Dichten der —. S. 597.
- Doppelsternsystem sehr kurzer Periode Cygni. S. 421.
- Das — Ophiuchi 70. S. 176.
- Drachen- und Ballonaufstiege der Deutschen Antarktischen Expedition 1911 bis 1912 (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 84.
- Drahtlose Telephonie (A. Meissner). S. 445.
- Dressurfähigkeit der Bienen auf Spektrallinien (A. Kühn und R. Pohl). S. 738.
- Dublett, Relativistische Auffassung des — (Zuschr.). S. 995.
- Earthworm, The transmission of nervous impulses in relation to locomotion in the —. S. 621.
- Eigenspannungen in Metallen, ihre Ursachen und Folgen (E. Heyn). S. 321.
- Eingeborene an der Panamaenge. S. 782.
- Einstein, Die Relativitätstheorie — und ihre physikalischen Grundlagen (Bespr.). S. 371.
- Einsteineffekt, Sonnenatmosphäre und —. S. 103.
- Einsteinsche Gravitationstheorie, Die Bedeutung der vollständigen Sonnenfinsternis im September 1922 für die Prüfung der — (Otto Birck). S. 760.

- Einsteinsche Relativitätstheorie, Grundzüge der — (Bespr.). S. 777.
- Eisen. Die praktische Nutzenanwendung der Prüfung des — durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes (Bespr.). S. 765.
- Röntgenspektrographische Untersuchungen an — und Stahl. S. 859.
- Eisenchlorose. Ein Fall von — bei Cyanophyceen. S. 934.
- Eishöhlen (Ernst Hauser und Robert Oede). S. 721.
- Eiszeiten, Die Entstehung der — (Fr. Nölke). S. 850.
- Elektrische Felder, Die Einwirkung starker — auf die Absorptionslinien des Natriumdampfes (Zuschr.). S. 667.
- Elektrizität, Handbuch der — und des Magnetismus (Bespr.). S. 856.
- Theorie der —. Elektromagnetische Theorie der Strahlung (Bespr.). S. 777.
- Elektrizitätserregung durch Aufprall. S. 514.
- Elektromagnetische Bewegungsgröße. S. 20.
- Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen (Bespr.). S. 749.
- Element, Das chemische — (Bespr.). S. 267.
- Elemente, wasserstoffunähnliche, Über die Serienspektren —. S. 513.
- Entomologie, angewandte, Die 3. Tagung der Deutschen Gesellschaft für —. S. 907.
- Entwicklung, Über umgekehrte — (Alfred Fischel). S. 535.
- Entwicklungsgeschichte, A. Goettes — der Tiere (Richard Hesse). S. 647.
- Entwicklungslehre, Die Elemente der — (Bespr.). S. 795.
- Entwicklungsphysiologie der Intersexualität (Richard Goldschmidt). S. 315.
- Entzündung (M. Löhlein). S. 830.
- Erdbeben, Rutschungen und — am Panamakanal. S. 20.
- Die sächsischen — während der Jahre 1907 bis 1915. S. 222.
- Erde, Das System der mechanischen Beweise für die Bewegung der — (R. Grammel). S. 623, 643, 660.
- Erdgeschichte (Bespr.). S. 35.
- Erdgeschichte, Revolutionen in der — (Bespr.). S. 67.
- Erdkunde, Gesellschaft für — zu Berlin: Die deutschen Seehäfen und ihr Hinterland. S. 38.
- Russisch-Turkestan und Buchara. S. 39.
- Neue Probleme der Geomorphologie. S. 111.
- Die Oberflächenformen in den feuchtwarmen Tropen. S. 112.
- Reisen in der Mongolei. S. 113.
- Eupen und Malmedy. S. 163.
- Die Türkei nach dem Friedensschluß. S. 204.
- Theorie der Kontinentalverschiebungen. S. 219.
- Die Alandsfrage und andere politisch-geographische Probleme des Nordens. S. 239.
- Die Bedeutung der Funkentelegraphie für die Geographie, insbesondere die Kartographie. S. 433.
- Juan-Fernandez-Inseln. S. 433.
- Bevölkerungsrückgang in Nordfrankreich und dessen geographische Begleiterscheinungen. S. 434.
- Reisen in Persien und Afghanistan. S. 551.
- Natur- und Lebensbilder aus dem tropischen Afrika. S. 652.
- Karte des Sepikflusses in Neuguinea. S. 652.
- Reisen durch Argentinien, Oberschlesien. S. 1019.
- Erdmann, B., Zur Erinnerung an — (Erich Becher). S. 519.
- Erfahrung, Geometrie und —. S. 435.
- Erkelenzer Steinkohlenbezirk, Bau des — (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 239.
- Erkenntnistheoretiker, Helmholtz als — (A. Riehl). S. 702.
- Erkenntnistheorie, Physik und — (Bespr.). S. 779.
- Ernährungswissenschaft, Die Lage der — in Deutschland (Max Rubner). S. 340.
- Erscheinungen, Über polare elektronastische —. S. 379.
- Erwiderung (Zuschr. Fajans). S. 993.
- Eupen und Malmedy (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 163.
- Euplotes, Demonstration of the function of the neuromotor apparatus in — by the method of microdissection. S. 910.
- Euplotes patella, The neuromotor apparatus of —. S. 910.
- Färbung, histologische, Der heutige Stand der allgemeinen Theorie der —. S. 580.
- Familienforschung und Psychiatrie (Ernst Rüdin). S. 713.
- Farbenänderung, Über eine auffallende — einer Blüte durch Wassertropfen und Kohlensäure. S. 934.
- Farbenchemie, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 479.
- Kurzgefaßtes Lehrbuch der (Bespr.). S. 548.
- Farbenkontrast, Nachweis des simultanen — bei Insekten (Zuschr.). S. 575.
- Farbenlehre, Die — im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe (Bespr.). S. 728.
- Farbenphotographie, Ihre Entwicklung und ihr jetziger Stand (Karl Gundlach). S. 785.
- Faserstruktur im Röntgenlichte (M. Polanyi). S. 337.
- Fehlerrechnung, Über die Anwendung der — auf die Untersuchung morphologischer Unregelmäßigkeiten (Reinhold Fürth). S. 48.
- Feinbautypen, Bemerkungen zur Stellung der Kristalle in der Reihe der — (F. Rinne). S. 559.
- Fermente, Die Anwendbarkeit der — bei Untersuchungen über Giftwirkungen (P. Rona). S. 976.
- Fermentstudien (Martin Jacoby). S. 588.
- Fernrohrvergrößerung, Lupenvergrößerung — und Vergrößerung (H. Erfle). S. 1033.
- Festland, Die Oberflächenformen des —, ihre Untersuchung und Darstellung (Bespr.). S. 856.
- Fixsterne, Über die Durchmesser der —. S. 191.
- Messungen der Farben, Helligkeiten und Durchmesser der — mit Anwendung der Planckschen Strahlungsgleichung. S. 751.
- Über das Vorkommen und den Zustand der Elemente in der Atmosphäre der Sonne und der — (Wilhelm Westphal). S. 863.
- Fixsternsystem, Der Bau des —. S. 1022.
- Flagellaten, Zur Physiologie saprophytischer —. S. 637.
- Fliegerkraftlehre (Bespr.). S. 457.
- Fließvorgänge beim Stangenpressen in Messing. S. 860.
- Flugtechnik, Grundlagen der — (Bespr.). S. 457.
- Fördermaschine, Die größte — der Welt. S. 861.
- Formbildung, Die Bedeutung innerer Sekrete für die — beim Menschen (Leon Asher). S. 257.
- Formenkunde, Vergleichende biologische — der fossilen niederen Tiere (Bespr.). S. 1016.

- Forschungsexpedition in Deutsch-Ostafrika. S. 56.
 Fortpflanzung, ungeschlechtliche, Über den Ersatz der — durch Regeneration, ein experimenteller Beitrag zur Physiologie des Todes und der Fortpflanzung (Max Hartmann). S. 318.
 Friedensschluß, Die Türkei nach dem — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 204.
 Frosch, parthenogenetischer, Die Spermatogenese eines —. S. 288.
 Fuchssperling, Studie über die Gattung *Passerella*, den —. S. 460.
 Funkentelegraphie, Die Bedeutung der — für die Geographie, insbesondere die Kartographie (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 432.
 Gärtnerei, Pflanzenphysiologie als Theorie der — (Bespr.). S. 767.
 Gärung und Synthese (Carl Neuberg). S. 334.
 Gase, Ponderable — und Lichtäther (Zuschr.). S. 250.
 — Reindarstellung von — (Bespr.). S. 234.
 — Die Rotationsspektren der — (G. Hettner). S. 566.
 Gasturbinenfrage, Der Stand der —. S. 190.
 Gas- und Oelturbine (W. Schüle). S. 1039.
 Gebirgsbildung, Erklärungsversuch der — (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 172.
 — Der Mechanismus der — nach Albert Heim (O. Baschin). S. 369.
 — und Schwere (S. von Bubnoff). S. 882.
 — Sedimentation und — (Ernst Nowak). S. 892.
 Gebirgskunde, allgemeine (Bespr.). S. 36.
 Gefäßreflexe (U. Ebbecke). S. 439.
 Gehirnforschung, Neueste Ergebnisse auf dem Gebiete der — (Richard Arwed Pfeifer). S. 938.
 Gehörorgan, Bericht über ein — bei Singzikaden (R. Vogel). S. 427.
 Geißeln, Die Bewegungen der — und Wimpern niederer Organismen. S. 208.
 Geistige Vorgänge, Über die Bedeutung der unbewußten Ausdrucksbewegungen für die Identifizierung — (Otto Löwenstein). S. 403.
 Geographentag, Der XX. Deutsche — in Leipzig vom 16. bis 19. Mai 1921. S. 529.
 Geographie, allgemeine, Grundzüge der — (Bespr.). S. 857.
 — Die Bedeutung der Funkentelegraphie für die —, insbesondere die Kartographie (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 432.
 Geographische Namen, Internationale Liste —. S. 784.
 Geographisches aus Amerika. S. 221.
 Geographisches Wörterbuch (Bespr.). S. 595.
 Geologie, Abriß der allgemeinen und stratigraphischen — (Bespr.). S. 597.
 — angewandte, Grundriß der — (Bespr.). S. 1017.
 — der Torfmore (Hans Höfer-Heimhalt). S. 260, 280.
 Geologische Gesellschaft, Deutsche —: Die Entstehung der deutschen Kupferschiefererze. S. 52.
 — Gründung eines Archivs für die Paläogeographie Deutschlands. S. 85.
 — Rassenzugehörigkeit des Ehringsdorfer Diluvialmenschen und die Umgrenzung des Neandertal-typus. S. 85.
 — Altchinesische Darstellung eines neandertaloiden Menschen auf einem stilisierten Bronze-Moloch. S. 85.
 — Erklärungsversuch der Gebirgsbildung. S. 172.
 — Die Stöcke und Gänge von Porphyry im Waldenburger und Boberkatzbachgebirge Niederschlesiens. S. 173.
 — Landschaftsformen in Kleinasien. S. 239.
 — Bau des Erkelenzer Steinkohlenbezirkes. S. 239.
 — Studien über Transgressionen. S. 416.
 — Die unterneokome Störungsphase im westlichen Osning. S. 416.
 — Morphologie und Altersfrage der Salzstöcke im unteren Allertal. S. 553.
 — Neues von den ältesten Landpflanzen. S. 553.
 Geologisch-mineralogisches Wörterbuch (Bespr.). S. 576.
 Geometrie und Erfahrung. S. 435.
 Geometrische Optik, Leitfaden der — (Bespr.). S. 748.
 Geomorphologie, Neue Probleme der — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 111.
 Geotropische Bewegungen, Über Korrelationen zwischen den Blütenteilen und — der Blüten-schäfte. S. 379.
 Gerbstoffe, Die Chemie der natürlichen — (Bespr.). S. 230.
 Gerste, Eine Bakteriose der —. S. 191.
 Geschlechtsbestimmung, Mechanismus und Physiologie der — (Bespr.). S. 82.
 Geschlechtsumstimmung, Das Problem der — und die sogenannte Verjüngung (W. Harms). S. 184.
 Geschlechtsverhältnis, Die Frage nach der Möglichkeit einer experimentellen Verschiebung des —. S. 287.
 Geschwülste (Max Borst). S. 819.
 Geselligkeit der Vögel im Verhältnis zu ihrem Triebleben (Fritz Braun). S. 213.
 Gewächse, kalkfeindliche, Beiträge zur Physiologie —. S. 800.
 Gewässer, Über eine neue Methode zur Messung der Oberflächentemperatur der —. S. 18.
 Gewebe, lebende, Die Entstehung elektrischer Ströme in — (Bespr.). S. 218.
 Gezeiten, Meeres —, Die Ausführung der harmonischen Analyse der —. S. 118.
 Gezeitenerscheinungen, Untersuchungen über die — in Mittel- und Randmeeren, in Buchten und Kanälen (Bespr.). S. 596.
 Gezeitenrechenmaschine, Über die in der Deutschen Seewarte in Hamburg benutzte deutsche —. S. 436.
 Giardia microti, Studies on —. S. 909.
 Gifte, Die — in der Weltgeschichte (Bespr.). S. 161.
 Giftwirkungen, Die Anwendbarkeit der Fermente bei Untersuchungen über — (P. Rona). S. 976.
 Gleitboote, Die Ramuswirkung bei —. S. 103.
 Glycogen, Der Aufbau der Stärke und des — (P. Karrer). S. 399.
 Goethesche Metamorphosenlehre vom Standpunkt der modernen Physiologie. S. 982.
 Goettes Entwicklungsgeschichte der Tiere (Richard Hesse). S. 647.
 Gorilla, Über die Lebensweise des — und des Schimpansen (Eduard Reichenow). S. 73.
 Gravitationsfeld, Zur Ablenkung der Lichtstrahlen im — der Sonne. S. 192.
 Gravitationstheorie, Die Bedeutung der vollständigen Sonnenfinsternis im September 1922 für die Prüfung der Einsteinschen — (Otto Birk). S. 760.
 Großbritannien, Die von — geplante Erforschung seines Besitzes in den subantarktischen und ant-

- arktischen Gebieten des Südatlantischen Ozeans (W. Brennecke). S. 1047.
- Guanogewinnung, Die gegenwärtige — in Peru. S. 554.
- Gullstrandsche Spaltlampe, Die Bedeutung der — für die Ophthalmologie (Heinrich Streuli). S. 983.
- Halogenwasserstoffe, Ionisierungsspannung der — (Zuschr.). S. 667.
- Hammarsten, Olof, zum achtzigsten Geburtstag (H. v. Euler). S. 639.
- Heim, Albert, Der Mechanismus der Gebirgsbildung nach — (O. Baschin). S. 369.
- Heißdampflokomotive (Ludwig Schneider). S. 409.
- Helium, Das Spektrum des — im extremen Ultraviolett. S. 416.
- Helmholtz, Hermann v. — und die Augenheilkunde (H. Enggelet). S. 967.
- Die elektrochemischen Arbeiten von — (W. Nernst). S. 699.
- Erinnerungen eines Laboratoriumspraktikanten (E. Goldstein). S. 708.
- als Erkenntnistheoretiker (A. Riehl). S. 702.
- als Physiolog (Johannes von Kries). S. 673.
- als Physiker (W. Wien). S. 694.
- d'Hérèllephänomen, Über das — (Ulrich Friedemann). S. 1010.
- Heuschnupfen, Asthma, — und verwandte Erscheinungen. S. 223.
- Hirnpathologische Fälle, Psychologische Analysen (Bespr.). S. 496.
- Histamin, Ist — ein normaler Bestandteil der Hypophyse? S. 208.
- Hochdruckwetterlage, Die Abhängigkeit der Influenzapandemie von —. S. 581.
- Holz- und Vanillinreagens, Über ein neues —. S. 934.
- Honigbienen, Über die Bestimmung des Alters bei —. S. 398.
- Hungertod, Der — (A. Pütter). S. 31.
- Hydrangea, Orientierungsbewegungen der Schaublütenstiele in der Gattung —. S. 379.
- Hydren, Experimentelle Untersuchungen über Nahrungsaufnahme, Regeneration und Fortpflanzung von — (W. Goetsch). S. 610.
- Hydrolyse, Über die — der Zellulose (Zuschr.). S. 237.
- Hygiene, Grundriß der — (Bespr.). S. 15.
- Hypophyse, Ist Histamin ein normaler Bestandteil der —? S. 208.
- und Raynaudsche Krankheit. S. 208.
- Hypothese, Physik und — (Bespr.). S. 778.
- Jahreskonferenz, X. — für Naturdenkmalpflege in Berlin [3. und 4. Dezember 1920] (O. Herr). S. 68.
- Individualität, Über die Verschiedenheit der — bei den Angehörigen derselben Vogelarten (Fritz Braun). S. 365.
- Influenzapandemie, Die Abhängigkeit der — von Hochdruckwetterlage. S. 580.
- Infusorien, Die experimentelle Erzeugung von Hüllen bei — als Parallele zur Membranbildung bei der künstlichen Parthenogenese (E. Breßlau). S. 57.
- Experimentelle Vererbungsstudien an —. S. 380.
- Insekten, Untersuchungen zur Physiologie der Stirnagen bei —. S. 513.
- Insektengattungen, Ergebnisse der Analyse gewisser Merkmale einiger — (Oskar Vogt). S. 350.
- Intellekt, Der Ursprung des — (K. Bühler). S. 144.
- Interferenzmethoden, Anwendungen von — in der Astronomie. S. 104.
- Intersexualität, Zur Entwicklungsphysiologie der — (Richard Goldschmidt). S. 315.
- Untersuchungen über —. S. 512.
- Joddampf, Die Ionisation des —. S. 207.
- Ionisation, Löslichkeit und — vom Standpunkte der Atomstruktur (K. Fajans). S. 729.
- Ionisierungsspannung der Halogenwasserstoffe (Zuschr.). S. 667.
- Ionisierungsspannungen einiger Gase. S. 20.
- Irrgäste, Deutsche — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 86.
- Isotopen, Über die — des Chlors. S. 437.
- Juan-Fernandez-Inseln (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 433.
- Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Zehn Jahre — zur Förderung der Wissenschaften (F. Glum). S. 293.
- Kalkfeindliche Gewächse, Beiträge zur Physiologie —. S. 800.
- Kaltrecken, Änderung der Metalle durch —. S. 514.
- Kalziumlinien, Das Problem der ruhenden —. S. 483.
- Kanada, Northwest, Der Landverkehr in —. S. 781.
- Kannibalen, Vier Jahre unter —. S. 532.
- Kapillaren, Die Regulierung der Blutverteilung in den — (U. Ebbecke). S. 629.
- Kartographie, Die Bedeutung der Funkentelegraphie für die Geographie, insbesondere die — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 432.
- Kaulquappen-Entwicklung und -Wachstum s. Schildrüsensubstanz. S. 240.
- Kausalproblem, Das — der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt (W. Schottky). S. 492, 506.
- Keimzellen, Der Einfluß des Alterns der — auf das Zahlenverhältnis spaltender Bastarde (C. Correns). S. 313.
- Keplerbund, Darwin und der — (Zuschr.). S. 650.
- Kind, Die geistige Entwicklung des — (Bespr.). S. 666.
- Abriß der geistigen Entwicklung des — (Bespr.). S. 767.
- Kinematographie, Wissenschaftliche — einschließlich der Reihenphotographie (Bespr.). S. 578.
- Kinetische Theorie, Anwendungen der Quantenhypothese in der — der festen Körper und der Gase (Bespr.). S. 778.
- Klein, Felix, Zum ersten Bande der Gesamtausgabe von — wissenschaftlichen Abhandlungen (H. E. Timerding). S. 897.
- Kleinasien, Landschaftsformen in — (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 239.
- Klima von Deutschland. S. 931.
- Klimate, Die — der Vorzeit (Deutsche Meteorologische Gesellschaft). S. 220.
- Kloet, Neue Insel im Kratersee des —. S. 784.
- Kohle, Was lehrt die Chemie über die Entstehung und die chemische Struktur der — (Franz Fischer). S. 958.
- Kohlenoxydvergiftung (Bespr.). S. 159.
- Kohlensäureassimilation, Theorie der — (Otto Warburg). S. 354.
- Kohlensäurezersetzung, photochemische, Über die Geschwindigkeit der — in lebenden Zellen. S. 397.
- Kohlmeise, Die Mordlust der — im Lichte der Biologie (Zuschr.). S. 431.
- Kolloidchemie (Bespr.). S. 232.
- Grundriß der — (Bespr.). S. 110.

- Kolloide als Träger der Lebenserscheinungen (H. Schade). S. 89.
- Konstitutionen, Körperliche und geistige — (E. Bleuler). S. 753.
- Konstitutions- und Dispositionslehre (O. Lubarsch). S. 812.
- Kontinentalverschiebungen, Theorie der — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 219.
- Kontinente, Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der — und Ozeane (Bruno Schulz). S. 241.
- Über die Polflucht der — (Zuschr.). S. 499, 451, 859.
- Konturen, Über die — optischer Bilder. S. 981.
- Kreisel, Der — (Bespr.). S. 455.
- Kriebelmückenplage, Die (Bespr.). S. 396.
- Kristalle, Bemerkungen zur Stellung der — in der Reihe der Feinbautypen (F. Rinne). S. 559.
- Kristallisiertes Chlorophyll. S. 582.
- Kritischer Zustand, Untersuchungen über den — (Hermann Rassow). S. 52.
- — Die Zweiphasentheorie des — (Zuschr.). S. 252.
- Kristallographie, Elemente der chemischen und physikalischen — (Bespr.). S. 268.
- Kupferschiefererze, Die Entstehung der deutschen — (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 52.
- Landesaufnahme**, Reisen durch Argentinien während zehn Jahre im Dienste der — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 1019.
- Landpflanzen, Neues von den ältesten — (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 553.
- Landschaftsformen in Kleinasien (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 239.
- Landverkehr in Nordwest-Kanada. S. 781.
- Laubblätter, Zur Kenntnis der silberreduzierenden Zellsubstanzen in —. S. 933.
- L-Dublett des Neon (Zuschr.). S. 1019.
- Lebenserscheinungen, Die Kolloide als Träger der — (H. Schade). S. 89.
- Legierungen (Bespr.). S. 232.
- Chemische Eigenschaften der —. S. 619.
- Leguminosenknöllchenbakterien, Beiträge zur Frage der Verwandtschaftsverhältnisse der —. S. 932.
- Lepidium, Untersuchungen über das Sinusgesetz bei der geotropischen Reaktionszeit von —. S. 638.
- Leuchtbakterien, Über die Ursachen des Leuchtens der —. S. 512.
- Leuchten, Über die Ursachen des — der Leuchtbakterien. S. 512.
- Lichtäther, Ponderable Gase und — (Zuschr.). S. 250.
- Lichtbogen, Die kleinste Betriebsspannung eines —. S. 102.
- Lichtkatalytische Vorgänge von physiologischer Bedeutung. S. 286.
- Lichtsinn, Grundzüge zur Lehre vom — (Bespr.). S. 38.
- Lichtstrahlen, Zur Ablenkung der — im Gravitationsfelde der Sonne. S. 192.
- Lichtwechsel, Studie des — von Algal. S. 422.
- Light, The nature of animal — (Bespr.). S. 577.
- Löslichkeit und Ionisation vom Standpunkte der Atomstruktur (K. Fajans). S. 729.
- Lokomotive, Die Heißdampf- — (Ludwig Schneider). S. 409.
- mit Turbinenantrieb. S. 437.
- Loschmidt, Josef, Zur Erinnerung an — (F. Exner). S. 177.
- Loschmidtsche Zahl und die modernen Methoden ihrer Bestimmung (Arthur Haas). S. 180.
- Lupenvergrößerung, Fernrohrvergrößerung und Vergrößerung (H. Erfle). S. 1033.
- Madruckverfahren**, Veredelung minderwertiger Brennstoffe nach dem — (Heinrich Caro). S. 740.
- Magellansche Wolken, Die Bewegung der —. S. 176.
- Magma, Das — und seine Produkte (Paul Niggli). S. 463.
- Magneto-optical Effect, A novel —. S. 862.
- Magnetismus, Handbuch der Elektrizität und des — (Bespr.). S. 856.
- Maifischfang an der atlantischen Küste Nordamerikas. S. 782.
- Malaria, Die pathologische Anatomie der —. S. 909.
- Malmedy, Eupen und — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 163.
- Marsbeobachtungen im Jahre 1920. S. 176.
- Mathematik, angewandte, Zeitschrift für — und Mechanik (Bespr.). S. 268, 556.
- Mausier der Singvögel im Dienste der Systematik (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 189.
- Mazedonien (Bespr.). S. 615.
- Phytoplankton von Seen aus —. S. 907.
- Mazedonische Ameisen (Bespr.). S. 615.
- Mechanik, Ludwig Boltzmanns Vorlesungen über die Prinzipie der — (Bespr.). S. 269.
- technische, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 666.
- Theoretische — (Bespr.). S. 650.
- Zeitschrift für angewandte Mathematik und — (Bespr.). S. 268, 556.
- Meer, Verdunstung auf dem — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 285.
- Meeresboden, Geologie des — (Bespr.). S. 16.
- Meeresgezeiten, Die Ausführung der harmonischen Analyse der —. S. 118.
- Meermühlen, Über — (Zuschr.). S. 67.
- Melanismus der Nonne, *Lymantria monacha* L. S. 908.
- Membranbildung s. Infusorien (E. Bresslau). S. 57.
- Mendelsche Spaltungsgesetze, Die Verwertung der — für die Deutung von Artbastarden. S. 382.
- Mensch, Der proto-australische —. S. 929.
- Der — als primitive Tierform (M. Voit). S. 140.
- Menschen, Die Abstammung des — (Th. Mollison). S. 128.
- Die ältesten — (A. Pütter). S. 875.
- Menschengeschlecht, Die Herkunft des — (G. Steinmann). S. 121.
- Messing, Fließvorgänge beim Stangenpressen in —. S. 860.
- Metalle, Änderung der — durch Kaltrecken. S. 514.
- Über Eigenspannungen in —, ihre Ursachen und Folgen (E. Heyn). S. 321.
- Über den supraleitenden Zustand von — (W. Normann). S. 62.
- Metallographie, Die Probleme der modernen — (Georg Masing). S. 383.
- Metallurgie, Beiträge zur — und andere Arbeiten auf chemischem Gebiet (Bespr.). S. 766.
- Metamorphosenlehre, Goethesche — vom Standpunkte der modernen Physiologie. S. 982.
- Meteorologische Gesellschaft, Deutsche —, Drachen- und Ballonaufstiege der Deutschen Antarktischen Expedition 1911 bis 1912. S. 85.
- Ergebnisse der Verdunstungsmessungen. S. 173.
- Die Klimate der Vorzeit. S. 220.
- Verdunstung auf dem Meere. S. 285.

- Die Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. S. 533.
- Baltasekunden- und andere Verfahren. S. 554.
- Mikrochemie, Beiträge zur — der Pflanze. S. 933.
- Mikroorganismen, Kultur der —. S. 577.
- Milchstraße und Nebelstraße (J. G. Hagen). S. 935.
- Milchstraßensystem, Die Untersuchungen H. Shapleys über Sternhaufen und — (A. Kopff). S. 769.
- Mineralchemie, Handbuch der —. S. 617.
- Mineralogie, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 52.
- Mineralogische Tabellen (Bespr.). S. 549.
- Mineralogisch-geologischer Unterricht, Methodik des — (Bespr.). S. 36.
- Mineralstoffe, Die technisch wichtigen — (Bespr.). S. 549.
- Miratypus, Die Veränderlichen vom —. S. 669.
- Die Spektren der langperiodischen Veränderlichen vom —. S. 670.
- Molargewicht, Das — und seine Rolle in der Methodik der chemischen Forschung (Otto Liesche). S. 330.
- Mondkrater, Die Entstehung der — (Alfred Wegener). S. 592.
- Mongolei, Reisen in der — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 113.
- Mordlust, Die — der Kohlmeise im Lichte der Biologie (Zuschr.). S. 431.
- Morphologie der Tiere in Bildern (Bespr.). S. 902.
- Morphologische Unregelmäßigkeiten, Über die Anwendung der Fehlerrechnung auf die Untersuchung — (Reinhold Fürth). S. 48.
- Mount Everest, Die geplante Besteigung des —. S. 530.
- Mount Wilson Observatory, Physikalisches aus dem Annual Report of the Director of the — 1920. S. 632.
- Mount-Wilson-Sternwarte, Die Tätigkeit der —. S. 437.
- Mückenplage, Die Kriebel- — (Bespr.). S. 396.
- Muskelkontraktion, Neue Versuche zur Thermodynamik der — (Otto Meyerhof). S. 193.
- Natriumdampf**, Die Einwirkung starker elektrischer Felder auf die Absorptionslinien des — (Zuschr.). S. 667.
- Naturbild, Das — der neuen Physik (Bespr.). S. 594.
- Naturdenkmalpflege, X. Jahreskonferenz für — in Berlin [3. und 4. Dezember 1920] (O. Herr). S. 68.
- Naturfarbstoffe, Die chemische Erforschung der — (Bespr.). S. 548.
- Naturwissenschaften, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der — (Bespr.). S. 414.
- Neandertaloider Mensch, Altchinesische Darstellung eines — auf einem stilisierten Bronze-Moloch (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 85.
- Nebelstraße, Milchstraße und — (J. G. Hagen). S. 935.
- Nebennierenrindenähnliches Organ bei einem wirbellosen Tier (Phycosoma). S. 72.
- Neon, Das L-Dublett des — (Zuschr.). S. 1019.
- Nervenleitungsgeschwindigkeit und osmotischer Druck. S. 669.
- Nervenregeneration s. Boekes Studien (C. Elze). S. 487.
- Nervensystem, Das vegetative — (Bespr.). S. 15.
- Nervous impulses, The transmission of — in relation to locomotion in the earthworm. S. 621.
- system, The elementary — (Bespr.). S. 796.
- Netzhaut, Zur vollkommenen lokalen Adaptation der — (Zuschr.). S. 993.
- Netzplankton, tierisches, Verhältnis von Temperatur und Ernährung in ihrem Einfluß auf die Mengenentwicklung des —. S. 668.
- Neuromotor apparatus of *Euplotes patella*. S. 910.
- Neurosenforschung, Einige Ergebnisse unserer — (Cécile Vogt). S. 346.
- Niederschlag, Die Beziehungen zwischen —, Abfluß und Verdunstungen in Mitteleuropa und einige damit zusammenhängende Aufgaben (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 533.
- Nierenkranke, Die Beurteilung und Behandlung der — (Bespr.). S. 497.
- Noctiluca, A new morphological interpretation of the structure of —, and its bearing on the status of the Cystoflagellata (Haeckel). S. 909.
- Nonne, Lymantria monacha L., Der Melanismus der —. S. 908.
- Nordamerika, Die biologischen Hilfsquellen der Gewässer —. S. 19.
- Der Maifischfang an der atlantischen Küste —. S. 782.
- Nordfrankreich, Der Bevölkerungsrückgang in — und seine geographischen Begleiterscheinungen (B. Brandt). S. 471.
- Bevölkerungsrückgang in — und dessen geographische Begleiterscheinungen (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 434.
- Nordgrönland, Fortsetzung des skandinavischen Gebirges über Spitzbergen und —. S. 784.
- Nordlicht in 600 km Höhe. S. 862.
- Norwegen, Neue Polarlichtforschungen in —. S. 223.
- Oberflächenformen**, Die — des Festlandes, ihre Untersuchung und Darstellung (Bespr.). S. 856.
- in den feuchtwarmen Tropen (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 112.
- Oberflächentemperatur, Über eine neue Methode zur Messung der — der Gewässer. S. 18.
- Oberflächenwellen, seismische, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit — längs kontinentaler und ozeanischer Wege. S. 862.
- Oberschlesien (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 1020.
- Okular, Das neue Zeiss'sche binokulare —. S. 749.
- Oligodynamische Erscheinungen bei pflanzlichen Organismen. S. 798.
- Oelturbine, Die Gasturbine und — (W. Schüle). S. 1039.
- Ophiuchi, Das Doppelsternsystem — 70. S. 176.
- Ophthalmologie, Die Bedeutung der Gullstrandschen Spaltlampe für die — (Heinrich Streuli). S. 983.
- Optik, geometrische, Leitfaden der — (Bespr.). S. 748.
- physikalische, Die Prinzipien der — (Bespr.). S. 966.
- technische, Mitteilungen aus der Geschichte der —. Zu Otto Schotts 70. Geburtstage (M. v. Rohr). S. 999.
- Optische Bilder, Über die Konturen —. S. 981.
- Optische Instrumente, Treue Darstellung und Zeichnung bei — (H. Boegehold). S. 273.
- Organisch-chemische Abteilung, Aus der — des Kaiser Wilhelm-Institutes für Chemie (Alfred Stock). S. 342.
- Organische Chemie, Handbuch der — (Bespr.). S. 233.
- — Lehrbuch der — (Bespr.). S. 965.

- — Kurzes Lehrbuch der — (Bespr.) S. 231, 764.
 — — Die Radikale in der älteren und in der modernen — (Hans Lecher). S. 541, 561.
 Orientierungsbewegungen der Schaublütentiele in der Gattung Hydrangea. S. 379
 Orientierungsvermögen der Zugvögel (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 189.
 Ornithologische Gesellschaft, Deutsche —. Deutsche Irrgäste. S. 86.
 — Entwicklung und Artgewohnheiten der Wildtauben. S. 86.
 — Die Mauser der Singvögel im Dienste der Systematik. S. 189.
 — Das Orientierungsvermögen der Zugvögel. S. 189.
 — Beziehungen zwischen Vogelzug und Witterung. S. 378.
 Ornithologische Gesellschaft, Deutsche —. S. 905.
 Osmotischer Druck, Nervenleitungsgeschwindigkeit und —. S. 669.
 Osning, Die unterneokome Störungsphase im westlichen — (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 416.
 Ozeane, Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und — (Bruno Schulz). S. 241.
 Ozon, Das —, eine physikalisch-chemische Darstellung (Bespr.). S. 547.
Palaeobotanik, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 1014.
 Paläogeographie, Gründung eines für die — Deutschlands (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 85.
 Paläozoologie, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 66.
 Paläozoologisches Praktikum (Bespr.). S. 66.
 Panamaenge, Die Eingeborenen an der —. S. 782.
 — Zur Kenntnis der —. S. 458.
 Panamakanal, Rutschungen und Erdbeben am —. S. 21.
 Parallaxes of 1646 Stars derived by the spectroscopic method. S. 598.
 Paramaecium caudatum, Die induzierte Phototaxis bei —. S. 380.
 Parasiten, Die Schmarotzerwespen (Schlupfwespen) als — (Bespr.). S. 396.
 — und ihre Bedeutung für die Tiergeographie. S. 908.
 Parasites, Studies on the — of the termites. S. 910.
 Parthenogenese, künstliche, s. Infusorien (E. Bresslau). S. 57.
 Passerella, Studie über die Gattung —, den Fuchssperling. S. 460.
 Passungen, Einiges über —. S. 616.
 Pathologie, Werden und Wege der — (Karl Schmiz). S. 803.
 Periodizität, Studien über die — der Zellteilung. S. 800.
 Persien, Reisen in — und Afghanistan (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 551.
 Pflanzenkrankheiten, Lehrbuch der nichtparasitären — (Bespr.). S. 797.
 Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei (Bespr.). S. 767.
 Pflanzenreich, Das — (Bespr.). S. 577.
 Phosphatrohstoffe (V. M. Goldschmidt). S. 887.
 Photochemie, Allgemeine — (Bespr.). S. 477.
 Photographische Desensibilisatoren und ihre Nutzanwendung im Safraninverfahren (Lüppo-Cramer). S. 725.
 Platten, Bildkontraktionen und Verzerrungen auf —. S. 382.
 Phototaxis, Die induzierte — bei *Paramaecium caudatum*. S. 381.
 Photozelle, Sternphotometrie mit — und Verstärkeröhre (H. Rosenberg). S. 359, 389.
 Phylogenetische Ableitung, Über — (Zuschr.). S. 376.
 Physik und Erkenntnistheorie (Bespr.). S. 779.
 — Die Grundlagen der — (Bespr.). S. 373.
 — und Hypothese (Bespr.). S. 778.
 — Das Naturbild der neuen — (Bespr.). S. 594.
 — Schwankungserscheinungen in der — (Bespr.). S. 111.
 — theoretische, Einführung in die — (Bespr.). S. 776.
 — — Einführung in die — (Bespr.). S. 946.
 — theoretische, Ziele und Methoden der — (Hans Thirring). S. 1023.
 Physikalisch-chemische Übungen (Bespr.). S. 765.
 Physikalische Berichte (Bespr.). S. 480.
 — Chemie, Praktikum der — (Bespr.). S. 547.
 — Eigenschaften, Beziehungen zwischen — und chemischer Konstitution (Bespr.). S. 233.
 — Grundlagen, Vorlesungen über die — der Naturwissenschaften (Bespr.). S. 414.
 Physikalisches aus dem Annual Report of the Director of the Mount Wilson Observatory 1920. S. 652.
 — Praktikum, Das — des Nichtphysikers (Bespr.). S. 617.
 Physiker, Die — von Syrakus (Bespr.). S. 270.
 Physiologie, moderne, Goethesche Metamorphosenlehre vom Standpunkte der —. S. 982.
 Physiologisches Institut, Im — der Universität Halle a. S. mit Mitteln der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften unternommene Untersuchungen (Emil Abderhalden). S. 301.
 Physische Gestalten, Die — in Ruhe und in stationärem Zustand (Bespr.). S. 412.
 Phytoplankton von Seen aus Mazedonien. S. 907.
 Pilze, parasitische, Einfluß der Temperatur auf das Wachstum gewisser —. S. 668.
 Plancksche Strahlungsgleichung, Messungen der Farben, Helligkeiten und Durchmesser der Fixsterne mit Anwendung der —. S. 751.
 Plancksches Strahlungsgesetz, Die Gültigkeit des —. S. 980.
 Planet 1906/1907, Die Grundproben der Forschungsreise S. M. S. — (Zuschr.). S. 1017.
 Planeten, Kleine —. S. 175.
 Planetoiden, Sicherstellung der Bahnen älterer —. S. 175.
 Planktontiere, Ursachen der vertikalen täglichen Wanderung verschiedener mariner —. S. 580.
 Plantigrowth, Observations of — with the Recording Ultramicrometer. S. 798.
 Polargebiete, die Abgrenzung der —. S. 516.
 Polarlichtforschungen, Neue — in Norwegen. S. 223.
 Polflucht, Über die — der Kontinente (Zuschr.). S. 499, 651, 859.
 Polychaete, Süßwasser — Ein neuentdeckter. S. 103.
 Porphyr, Die Stöcke und Gänge von — im Waldenburger und Boberkatzbachgebirge Niederschlesiens (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 173.
 Propeller, Schrauben, Die Vorgänge beim — (A. Betz). S. 309.

- Proto-australischer Mensch. S. 929.
- Psychiatrie, Familienforschung und — (Ernst Rüdin). S. 713.
- Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle (Bespr.). S. 496.
- Psychologisches Wörterbuch (Bespr.). S. 993.
- Quantenhypothese**, Anwendungen der — in der kinetischen Theorie der festen Körper und der Gase (Bespr.). S. 778.
- Quantentheorie, Die — (Bespr.). S. 373.
- Über neuere Arbeiten zum weiteren Ausbau der —. S. 69.
- Die Entstehung und bisherige Entwicklung der — (Bespr.). S. 18.
- Die Grundlagen der — in elementarer Darstellung (Bespr.). S. 778.
- Die experimentellen Grundlagen der — (Bespr.). S. 900.
- Das Kausalproblem der — als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt (W. Schottky). S. 492, 506.
- Quarzglas und Quarzgut (Bespr.). S. 766.
- Radikale**, Die — in der älteren und in der modernen organischen Chemie (Hans Lecher). S. 541, 561.
- Radioaktive Substanzen, Über das Arbeiten mit — (Otto Hahn und Lise Meitner). S. 316.
- Radioaktivität (Bespr.). S. 765.
- und Atomkonstitution (Lise Meitner). S. 423.
- und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen (Bespr.). S. 576.
- Radiologie, Handbuch der — (Bespr.). S. 217.
- Die Einleitung des Handbuches der — (Zuschr.). S. 651.
- Ramuswirkung bei Gleitbooten. S. 103.
- Raumsinn, Die Lehre vom — des Auges (Bespr.). S. 37.
- Raynaudsche Krankheit, Hypophyse und —. S. 208.
- Regeneration, Über den Ersatz der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch —, ein experimenteller Beitrag zur Physiologie des Todes und der Fortpflanzung (Max Hartmann). S. 318.
- Reihenphotographie, Wissenschaftliche Kinematographie einschließlich der — (Bespr.). S. 578.
- Reizleitungsvorgänge, Über traumatotrope und haptotrope —. S. 380.
- Relativistische Auffassung des Dubletts (Zuschr.). S. 995.
- Relativitätstheorie, Die — Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen (Bespr.). S. 371.
- Grundzüge der Einsteinschen — (Bespr.). S. 777.
- Zur Elementaranalyse der — (Bespr.). S. 373.
- Das Rotationsproblem in der — (A. Kopff). S. 9.
- Über das Uhrenparadoxon in der — (Hans Thirring). S. 209. — (Zuschr.). S. 482, 550.
- Reproduktionspsychologie, Grundzüge der — (Bespr.). S. 524.
- Resonatoren, lineare, Selektive Reflexion von Wärmewellen durch Systeme —. S. 418.
- Richtigstellung, Zur — (Zuschr.). S. 457.
- Rimba, Im Dämmer des —, Sumatras Urwald und Urmensch. S. 72.
- Ritz, W., J. J. Balmer und — (A. Hagenbach). S. 451.
- Röntgenlicht, Faserstruktur im — (M. Polanyi). S. 337.
- Röntgenspektren der Bleisotopen. S. 514.
- Röntgenspektrographische Beobachtungen an hochmolekularen organischen Verbindungen (R. O. Herzog und W. Jancke). S. 320.
- Untersuchungen an Eisen und Stahl. S. 859.
- Röntgenspektroskopie, Fortschritte auf dem Gebiet der —. S. 70.
- Röntgenstrahlen, Mitteilungen aus dem Gebiete der —. S. 948.
- Röntgenstrahlung, Neuere Arbeiten über Absorption und Streuung der — (R. Glocker). S. 995.
- Rotationsproblem in der Relativitätstheorie (A. Kopff). S. 9.
- Rotationsspektren der Gase (G. Hettner). S. 566.
- Rümelin, Theodor. S. 190.
- Russisch-Turkestan und Buchara (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 39.
- Rutherfords Entdeckung eines neuen lichten Atomkernes (Adolf Smekal). S. 77.
- Rutschungen und Erdbeben am Panamakanal. S. 20.
- Saalkreis**, Die Steinkohlenablagerungen des — (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 1021.
- Safraninverfahren, Die photographischen Desensibilisatoren und ihre Nutzenanwendung im — (Lüppo-Cramer). S. 725.
- Salzstöcke, Morphologie und Altersfrage der — im unteren Allertal (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 553.
- Sandkrabbe, Die kleine — *Emerita analoga*. S. 1038.
- Santo Domingo. S. 783.
- Sauerstoffstrom, Über den — im tierischen Gewebe (Walther Thörner). S. 225.
- Saugwurm, Bau und Entwicklung des — *Echinostoma revolutum*. S. 1038.
- Schabe, Biologie und Bekämpfung der deutschen — (*Phyllodromia germanica* L.) (Bespr.). S. 395.
- Schädigung, Mechanismus der — und der Wiederherstellung der Zelle. S. 580.
- Schädlinge, Die Bekämpfung der gesundheitlichen und wirtschaftlichen — (Bespr.). S. 576.
- Schädlingsbekämpfungsmittel, Chlorpikrin als — in seinen Wirkungen auf Tier und Pflanze (Joh. Wille). S. 41.
- Schallwellen, Erzeugung von — unter Wasser. S. 271.
- Schaublütenstiele, Orientierungsbewegungen der — in der Gattung *Hydrangea*. S. 379.
- Schilddrüse, Über die Entdeckung der wirksamen Substanz der —. S. 398.
- Schilddrüsensubstanz, Über die Wirkung der Fütterung mit — auf Kaulquappen-Entwicklung und -Wachstum. S. 240.
- Schimpanse, Geburt und erste Lebensmonate eines — (G. J. von Allesch). S. 774.
- Über die Lebensweise des Gorillas und des — (Eduard Reichenow). S. 73.
- Schlammsschichtung in Binnenseen (Fr. Lenz). S. 325.
- Schlesien, Die Tierwelt — (Bespr.). S. 902.
- Schlupfwespen, Die Schmarotzerwespen — als Parasiten (Bespr.). S. 396.
- Schmarotzerwespen, Die — (Schlupfwespen) als Parasiten (Bespr.). S. 396.
- Schmerzproblem (Bespr.). S. 37.
- Schneehäufigkeit, Die — in Deutschland. S. 436.
- Schott, Zu Otto — siebzigstem Geburtstage. Mitteilungen aus der Geschichte der technischen Optik (M. v. Rohr). S. 999.
- Schraubenpropeller, Die Vorgänge beim — (A. Betz). S. 309.

- Schwankungserscheinungen in der Physik (Bespr.). S. 111.
- Schwere, Gebirgsbildung und — (S. von Bubnoff). S. 882.
- Sciences, Lectures on the principle of Symmetry and its applications in all natural — (Bespr.). S. 579.
- Sedimentation und Gebirgsbildung (Ernst Nowak). S. 892.
- Seehäfen, Die deutschen — und ihr Hinterland (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 38.
- Seetypen (August Thienemann). S. 343.
- Sehen, Das — (Bespr.). S. 665.
- Seifenlösungen, Die Natur der —. S. 117.
- Seismische Oberflächenwellen, Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit — längs kontinentaler und ozeanischer Wege. S. 862.
- Sekrete, innere, Die Bedeutung — für die Formbildung beim Menschen (Leon Asher). S. 257.
- Sekretion, Die innere — (Bespr.). S. 616.
- Sepikfluß, Karte des — in Neuguinea (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 652.
- Serienspektren, Über die — wasserstoffähnlicher Elemente. S. 513.
- Serienspektren, Bohrsche Theorie der — zur Erklärung der Absorption. S. 20.
- Shayley, H., Die Untersuchungen — über Sternhaufen und Milchstraßensystem (A. Kopff). S. 769.
- Singzikaden, Bericht über ein Gehörorgan bei — (R. Vogel). S. 427.
- Sinnpflanze, Die Bewegungen der —. S. 272.
- Sinusgesetz, Untersuchungen über das — bei der geotropischen Reaktionszeit von *Lepidium*. S. 638.
- Skandinavisches Gebirge, Fortsetzung des — über Spitzbergen nach Nordgrönland. S. 784.
- Sonne, Die Sterngruppe in der Nachbarschaft der —. S. 224.
- Sonne, Über das Vorkommen und den Zustand der Elemente in der Atmosphäre der — und der Fixsterne (Wilhelm Westphal). S. 863.
- Sonnenatmosphäre und Einsteineffekt. S. 103.
- Sonnenfinsternis, Die Bedeutung der vollständigen — im September 1922 für die Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie (Otto Birek). S. 760.
- Sonnenforschung, Zeemaneffekt und — (R. Emden). S. 916.
- Sonnenoberfläche, Veränderungen der — und Witterungswechsel. S. 622.
- Spaltlampe, Die Bedeutung der Gullstrandschen — für die Ophthalmologie (Heinrich Streuli). S. 983.
- Spaltungsgesetze, Die Verwertung der Mendelschen — für die Deutung von Arthastarden. S. 382.
- Spectroscopic method, The Parallaxes of 1646 Stars derives by the —. S. 598.
- Spektrallinien, Atombau und — (Bespr.). S. 233.
- Spengler, Oswald, „Untergang des Abendlandes“ und seine Stellungnahme zum Darwinismus (Hermann von Voß). S. 756.
- Spermatogenese eines parthenogenetischen Frosches. S. 288.
- Spermatozoen, atypische, Die Bedeutung der —. S. 287.
- Spiralnebel, Die beiden — N. G. C. 584 und 936. S. 176.
- Spitzbergen, Fortsetzung des skandinavischen Gebirges über — nach Nordgrönland. S. 784.
- Spitzenwachstum der Wurzelhaarzellen. S. 933.
- Spreng- und Zündstoffe (Bespr.). S. 231.
- Sputum, Das — (Bespr.). S. 796.
- Stärke, Der Aufbau der — und des Glycogens (P. Karrer). S. 399.
- Stahl, Röntgenspektrographische Untersuchungen an Eisen und —. S. 859.
- Stammbäume, Die Verwandtschaftsbegriffe in Biologie und Physik und die Darstellung vollständiger — (Bespr.). S. 51.
- Stangenpressen, Fließvorgänge beim — in Messing. S. 860.
- Starkeffekt, Neuere Aufnahmen des —. S. 205.
- Steinach, Untersuchungen zur Verjüngungshypothese —. S. 582.
- Steinkohlenablagerungen des Saalkreises (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 1021.
- Steinkohlenbergwerke, Die Bewetterung von — (Karl Kegel). S. 153.
- Steinkohlenbezirk, Bau des Erkelenzer — (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 239.
- Stellarstatistik, Neue Untersuchungen zur —. S. 87.
- Sternbuch für Anfänger (Bespr.). S. 886.
- Sterndurchmesser, Die modernen Methoden der Bestimmung von — (E. v. d. Pahlen). S. 599.
- Sternhaufen, Die Untersuchungen H. Shapleys über — und Milchstraßensystem (A. Kopff). S. 769.
- Sternparallaxen. S. 255.
- Sternphotometrie mit Photozelle und Verstärkeröhre (H. Rosenberg). S. 359, 389.
- Stirnaugen, Untersuchungen zur Physiologie der — bei Insekten. S. 513.
- Stöckhardt, Ad., Schule der Chemie (Bespr.). S. 16.
- Störungsphase, Die unterneokome — im westlichen Osning (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 416.
- Strahlung, Über einen neuen Effekt der — (Fritz Weigert). S. 583.
- Strahlungsgesetz, Die Gültigkeit des Planckschen —. S. 980.
- Strahlungsgleichung, Messungen der Farbe, Helligkeiten und Durchmesser der Fixsterne mit Anwendung der Planckschen —. S. 751.
- Ströme, elektrische, Die Entstehung — in lebenden Geweben (Bespr.). S. 218.
- Strömungen des Bosphorus. S. 55.
- Stromboli, Die Besteigung des —. S. 55.
- Südamerika, Die Baumwollkultur in —. S. 174.
- Die tiergeographische Gliederung des nordwestlichen —. S. 532.
- Südatlantischer Ozean, Die von Großbritannien geplante Erforschung seines Besitzes in den subantarktischen und antarktischen Gebieten des — (W. Brennecke). S. 1047.
- Südpol, Leben und Tod am — (Bespr.). S. 89.
- Südpolar-Expedition, Deutsche — von 1901—1903. S. 779.
- Sümpfe Georgias in den Vereinigten Staaten. S. 458.
- Süßwasser-Polychaete, Ein neuentdeckter —. S. 103.
- Sumatras Urwald und Urmensch, Im Dämmer des Rimba —. S. 72.
- Supraleitender Zustand von Metallen (W. Normann). S. 62.
- Symmetry, Lectures on the principle of — and its applications in all natural Sciences (Bespr.). S. 579.
- Synthese, Gärung und — (Carl Neuberg). S. 334.
- Syrakus, Die Physiker von — (Bespr.). S. 270.

- Syrische Wüste, Die — ein verödetes Kulturgebiet. S. 54.
- Technik**, Antike — (Bespr.). S. 270.
- Telephonie, Die drahtlose — (A. Meißner). S. 445.
- α -Teilchen, Neue Versuche über den Durchgang von — durch Materie. S. 417.
- Termites, Studies on the parasites of the —. S. 910.
- Theoretische Physik, Einführung in die — (Bespr.). S. 776, 946.
- Theoretische Physik, Ziele und Methoden der — (Hans Thirring). S. 1023.
- Thermodynamik, Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der — (Bespr.). S. 855.
- Neue Versuche zur — der Muskelkontraktion (Otto Meyerhof). S. 193.
- Vorlesungen über — (Bespr.). S. 499.
- Thermodynamische Wärmeerzeugung (Hartmut Kallmann). S. 114.
- Tiefvulkanische Vorgänge, Der Mechanismus — (Bespr.). S. 884.
- Tiere, Morphologie der — in Bildern (Bespr.). S. 902.
- fossile niedere, Vergleichende biologische Formenkunde der — (Bespr.). S. 1016.
- Tierform, primitive, Der Mensch als — (M. Voit). S. 140.
- Tiergeographie, Parasiten und ihre Bedeutung für die —. S. 908.
- Tiergeographische Gliederung des nordwestlichen Südamerikas. S. 532.
- Tierisches Gewebe, Über den Sauerstoffstrom im — (Walther Thörner). S. 225.
- Tierpsychologie, Die Aufgaben der — (Bespr.). S. 396.
- Tierwelt Schlesiens (Bespr.). S. 902.
- Tierzucht, Allgemeine — (Bespr.). S. 413.
- Tod, Botanische Betrachtungen über Alter und —. S. 906.
- Torfmoore, Die Geologie der — (Hans Höfer-Heimhalt). S. 260, 280.
- Trachom, Das — (Max Meyerhof). S. 951, 972.
- Transgressionen, Studien über — (Deutsche Geologische Gesellschaft). S. 416.
- Triebleben, Die Geselligkeit der Vögel im Verhältnis zu ihrem — (Fritz Braun). S. 213.
- Tropen, feuchtwarme, Die Oberflächenformen in den — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 112.
- Tropenklima und weiße Rasse. S. 783.
- Trypanosoma, A comparison of the life cycle of crithidia with that of — in the invertebrate host. S. 909.
- Tuberkulose, ihre verschiedenen Erscheinungsformen und Stadien sowie ihre Bekämpfung (Bespr.). S. 858.
- Türkei, Die — nach dem Friedensschluß (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 204.
- Turbinenantrieb, Lokomotive mit —. S. 437.
- Turkestan, Russisch- und Buchara (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 39.
- Uhrenparadoxon**, Über das — in der Relativitätstheorie (Hans Thirring). S. 209. — (Zuschr.) S. 482, 550.
- Ultramicrometer, Observations of Plantigrowth with the Recording —. S. 798.
- Ultraviolett, Das Spektrum des Heliums im extremen —. S. 416.
- Unna, P. G., Sauerstofforte und Reduktionsorte nach — (Walther Thörner). S. 225.
- Unterricht, mineralogisch-geologischer, Methodik des — (Bespr.). S. 36.
- Uran Z₂, Über den Ursprung von — (Zuschr.). S. 235, 236.
- Urnieren, Der Ursprung der — (Thilo Krumbach). S. 265.
- Urwald — Veld — Wüste. S. 240.
- Vanillinreagens**, Über ein neues Holzreagens und —. S. 934.
- Veränderliche, Die Spektren der langperiodischen — vom Miratypus. S. 670.
- Veränderlichen, Die — vom Miratypus. S. 669.
- Verblühen der Blüten (Hans Fitting). S. 1.
- Verdunstung, Die Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß und — in Mitteleuropa (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 533.
- auf dem Meere (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 285.
- Verdunstungsmessungen, Die Ergebnisse der — auf und an dem Grimnitzsee (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 173.
- Vereinigte Staaten, Die Sümpfe Georgias in den —. S. 459.
- Vererbung, Die quantitative Grundlage von — und Artbildung (Bespr.). S. 795.
- Vererbungsstudien, Experimentelle — an Infusorien. S. 381.
- Vererbungswissenschaft, Einführung in die — (Bespr.). S. 66.
- Die Gründung der Deutschen Gesellschaft für — (Hans Nachtsheim). S. 844, 879.
- Vergrößerung, Lupenvergrößerung, Fernrohrvergrößerung und — (H. Erfle). S. 1033.
- Verjüngung, Das Problem der Geschlechtsumstimmung und die sogenannte — (W. Harms). S. 184.
- Verjüngungshypothese, Untersuchungen zur — Steinachs. S. 582.
- Verschiebung, Die Frage nach der Möglichkeit einer experimentellen — des Geschlechtsverhältnisses. S. 287.
- Verstärkerröhre, Sternphotometrie mit Photozelle und — (H. Rosenberg). S. 359, 389.
- Verwandtschaftsbegriffe in Biologie und Physik und die Darstellung vollständiger Stammbäume (Bespr.). S. 51.
- Verwandtschaftsverhältnisse, Beiträge zur Frage der — der Leguminosenknöllchenbakterien. S. 932.
- Verzeichnung, Treue Darstellung und — bei optischen Instrumenten (H. Boegehold). S. 273.
- Verzerrungen, Bildkontraktionen und — auf photographischen Platten. S. 382.
- Victoria, Das neue Astrophysikalische Observatorium in —. S. 654.
- Vögel, Die Geselligkeit der — im Verhältnis zu ihrem Triebleben (Fritz Braun). S. 213.
- der deutschen Kulturlandschaft (Fritz Braun). S. 655.
- Vogelarten, Über die Verschiedenheit der Individualität bei den Angehörigen derselben — (Fritz Braun). S. 365.

- Vogeleier, Über die Gestalten der normalen und abnormen —. S. 459.
- Vogelwelt, Führer durch unsere — (Bespr.). S. 498.
- Vogelzug, Beziehungen zwischen — und Witterung (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 378.
- Volkszählungen, Die jüngsten amerikanischen — und ihre Lehren. S. 555.
- Voltmeter, Ein absolutes — für 250 000 Effektivspannung. S. 419.
- Vorzeit, Die Klimate der — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft). S. 220.
- Wärme, Einführung in die Theorie der — (Bespr.). S. 649.
- Wärmeerzeugung, Die thermodynamische — (Hartmut Kallmann). S. 115.
- Wärmewellen, Selektive Reflexion von — durch Systeme linearer Resonatoren. S. 418.
- Wald und Mensch. S. 750.
- Wanderung, Ursachen der vertikalen täglichen — verschiedener mariner Planktontiere. S. 580.
- Wasserkelch, Über den — der Blütenknospe von *Aconitum variegatum*. S. 934.
- Wasserstand, Die periodischen und unperiodischen Schwankungen des — der Nord- und Ostsee, insbesondere der deutschen Ostseeküste. S. 101.
- Wegener, Alfred, Die Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane (Bruno Schulz). S. 241.
- Weigert-Effekt, Über einen neuen Effekt der Strahlung (Fritz Weigert). S. 583.
- Weißer Rasse, Tropenklima und —. S. 783.
- Wellenhöhe, Messungen der — auf dem Meere. S. 271.
- Werkzeuggebrauch, Über — bei Tieren (Ludwig Armbruster). S. 303.
- Wespen, Die Schmarotzer- (Schlupfwespen) als Parasiten (Bespr.). S. 396.
- Wespen- und Bienengehirne. S. 511.
- Wettervorhersage, Die Wahrscheinlichkeit einer —. S. 175.
- Wiederherstellung, Mechanismus der Schädigung und der — der Zelle. S. 580.
- Wildtauben, Entwicklung und Artgewohnheiten der — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 86.
- Wimpern, Die Bewegungen der Geißeln und — niederer Organismen. S. 208.
- Witterung, Beziehungen zwischen Vogelzug und — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 378.
- Witterungswechsel, Veränderungen der Sonnenoberfläche und —. S. 622.
- Wörterbuch, Geographisches — (Bespr.). S. 595.
- Geologisch-mineralogisches — (Bespr.). S. 576.
- Psychologisches — (Bespr.). S. 993.
- Zoologisches (Bespr.). S. 51.
- Wolken, Magellansche, Die Bewegung der —. S. 176.
- Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. S. 799.
- Wundreizstoffe, Die Auslösung von Zellteilungen bei Pflanzen durch — (E. G. Pringsheim). S. 503.
- Wünschelrutenproblem, Ein Beitrag zur physikalischen Erklärung des — (Ed. Haschek und Karl F. Herzfeld). S. 1029.
- Wurzelhaarzellen, Spitzenwachstum der —. S. 933.
- Zahlenmysterium, Ein weiteres — in der Theorie des Zeemaneffektes (Zuschr.). S. 199.
- Zeemaneffekt, Fünfundzwanzig Jahre — (A. Sommerfeld und E. Back). S. 911.
- Über den anomalen — (A. Landé). S. 926.
- und Sonnenforschung (K. Emden). S. 916.
- Zur Theorie des — (Zuschr.). S. 569.
- Ein weiteres Zahlenmysterium in der Theorie des (Zuschr.). S. 199.
- Zelle, Morphologische und physiologische Analyse der — der Pflanzen und Tiere (Bespr.). S. 928.
- Zellentartung und Zelltod (R. Rößle). S. 834.
- Zellsubstanzen, silberreduzierende, Zur Kenntnis der — in Laubblättern. S. 933.
- Zellteilung, Untersuchungen zur kausalen Analyse der —. S. 284.
- Studien über die Periodizität der —. S. 800.
- Zellteilungen, Die Auslösung von — bei Pflanzen durch Wundreizstoffe (E. G. Pringsheim). S. 503.
- Wundhormone als Erreger von —. S. 799.
- Zellteilungs-Physiologie, Neuere Untersuchungen auf dem Gebiete der — (Fritz Levy). S. 105.
- Zelltod, Zellentartung und — (R. Rößle). S. 834.
- Zellulose, Die chemische Konstitution der —. S. 288.
- Über die Hydrolyse der — (Zuschr.). S. 237.
- Zellulosechemie, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 479.
- Zerfallsprodukt, Über ein neues radioaktives — im Uran (Zuschr.). S. 84.
- Zoologisches Praktikum, Leitfaden für das (Bespr.). S. 162.
- Wörterbuch (Bespr.). S. 51.
- Zündstoffe, Sprengstoffe und — (Bespr.). S. 231.
- Zustand, kritischer, Untersuchungen über den (Hermann Rasso). S. 52.
- Zweiphasentheorie des kritischen Zustandes (Zuschr.). S. 252.



Neuerscheinungen aus dem Verlag von Gustav Fischer in Jena

Die angegebenen Preise sind die jetzt gültigen; für das Ausland erhöhen sie sich durch den vorgeschriebenen Valuta-Zuschlag

Der Staat als Organismus. Gedanken zur Entwicklung der Menschheit. Von Professor Dr. **Oscar Hertwig**, Berlin. VI, 271 S. gr. 8^o. 1922. M. 30.—; geb. M. 45.—

Inhalt: Einleitung: Die Lehre von der Organprojektion. — 1. Das Verhältnis der Teile zum Ganzen. — 2. Die individualistischen Systeme in der Staatslehre. — 3. Die sozialen, kollektivistischen oder altruistischen Systeme. — 4. Allgemeine Gesetze in der Organisation der Lebewesen und der menschlichen Staaten. — 5. Betrachtungen über die staatsbildenden Faktoren in der Geschichte der Menschheit. — 6. Die wirtschaftliche Organisation der europäischen Staaten im Mittelalter und ihre Umwandlung beim Übergang zur Neuzeit. — 7./10. Der moderne Wirtschaftsprozeß in seiner Wirkung auf Staat und Gesellschaft. (Die Mechanisierung der Wirtschaft durch das Unternehmertum als Vorstufe zur Sozialisierung durch Staat, Gemeinde und Unternehmerverbände. Der Arbeitersozialismus. Der ethische Sozialismus.) — 11./14. Krisen und Krankheiten im staatlichen Organismus (im wirtschaftlichen und sozialen, religiösen und sittlichen Leben. Wege zu ihrer Lösung und Heilung.

Seitdem die Naturforschung einen Einblick in die Zusammensetzung und Entwicklung der Organismen aus Zellen gewonnen und sie geradezu als Zellenstaaten zu bezeichnen begonnen hat, versucht man Übereinstimmungen in der Struktur und den Lebensprozessen zwischen den Organismen und den menschlichen Staats- und Gesellschaftsbildungen nachzuweisen. Zweifellos bieten Biologie und Soziologie viele Berührungspunkte zueinander, die der Verfasser hier zum ersten Male zusammenhängend schildert und im einzelnen begründet. Die Schrift des hervorragenden Gelehrten wird in heutiger Zeit, in welcher die soziologische Betrachtungsweise sich zur wissenschaftlichen Methode auswächst, allgemeine Beachtung finden.

Zur Abwehr des ethischen, des sozialen, des politischen Darwinismus. Von Professor Dr. **Oscar Hertwig**, Berlin. Zweite Auflage. V, 121 S. gr. 8^o. 1921. M. 14.—

Archiv für systemat. Philosophie, Bd. 24, Heft 1: Der Verfasser gibt hier eine über den Rahmen seines Spezialgebietes hinausgehende Zurückweisung der Gedankengänge, die man populär und wissenschaftlich unter dem Namen einer darwinistischen Welt- und Lebensanschauung zusammenzufassen pflegt. Wohl wenige sind zu dieser Kritik so geeignet wie H., dem eine beherrschende Kenntnis der ausschlaggebenden Naturwissenschaften, wie ein gesundes und reifes Urteil über die Angelegenheiten unserer Kultur zur Seite stehen. So stellt der Abriß eine philosophische Kritik der biologischen Natur- und Kulturwissenschaft dar, die um so wertvoller ist, als sie nicht auf kenntnisarmer „kulturphilosophischer“ Vorbildung beruht. . . . Dr. Ernst Barthel.

Die moderne Weltanschauung und der Mensch.

Sechs öffentliche Vorträge. Von Dr. phil. **Benjamin Vetter**, weil. Prof. an der sächs. techn. Hochschule in Dresden. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. Ernst Haeckel in Jena und einem Bildnis des Verfassers. Sechste, unveränderte Auflage. XII, 143 S. gr. 8^o. 1921. M. 16.—; geb. M. 23.—

Inhalt: 1. Einleitendes. — 2. Das einheitliche Weltbild der modernen Forschung. — 3. Der Mensch. — 4. Das Sittengesetz auf natürlicher Grundlage. — 5. Religion und Philosophie. — 6. Entwicklungsgeschichte der Religion und ihre philosophische Begründung. Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick auf künftige Zustände des Menschengeschlechts.

Die Vorträge entbehren jedes polemischen und verletzenden Beigeschmackes und sind das geistige Vermächtnis eines verdienten Forschers und edeldenkenden Menschen. Alle, welche an den geistigen Strömungen der Gegenwart mit Interesse teilnehmen, werden diese Vorträge mit Freuden lesen.

Lebensdauer, Altern und Tod. Von Dr. **E. Korschelt**, Prof. der Zoologie u. vergleich. Anatomie an der Universität Marburg. Zweite, umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit 107 Abb. im Text. VIII, 307 S. gr. 8^o. 1922. M. 48.—; geb. M. 58.—

Inhalt: Einleitung. — 1. Angaben über die Lebensdauer der Tiere. 2. Lebensdauer und Altern der Pflanzen. 3. Die verschiedenen Todesursachen. 4. Die Lebensdauer der Einzelligen. 5. Protozoenkolonie; Zellenstaat und Metazoen, Zelldifferenzierung und Abnutzung. 6. Rückbildung und Untergang von Zellen und Organen beim normalen Lebensprozeß. 7. Beschränkung der Zellenzahl in den Organen (Zellkonstanz). 8. Das Altern von Zellen im Zellenverband. 9. Altersveränderungen an Organen. 10. Verjüngung von Zellen und Geweben. 11. Verjüngung und Lebensverlängerung. 12. Ruhezustände und Lebensdauer. 13. Fortpflanzung und Lebensdauer. 14. Die Beziehungen der Lebensdauer und andere sie bestimmende Ursachen. 15. Allgemeine Fragen der Lebensdauer und Todesursachen. Schlußbetrachtungen. — Literatur-, Namen- und Sachverzeichnis.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Technische Thermodynamik. Von Prof. Dipl.-Ing. **W. Schüle.**

Erster Band: Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst technischen Anwendungen. Vierte, neu bearbeitete Auflage. Mit 225 Textfiguren und 7 Tafeln (X, 560 S.). 1921.

Geb. Preis M. 105.—

Zweiter Band: Höhere Thermodynamik mit Einschluß der chemischen Zustandsänderungen nebst ausgewählten Abschnitten aus dem Gesamtgebiet der technischen Anwendungen. Dritte, erweiterte Auflage der „Technischen Wärmemechanik“. Mit 202 Textfiguren und 4 Tafeln (XVI, 410 S.), 1920.

Geb. Preis M. 75.— (u. Teuerungszuschlag)

Inhaltsübersicht des I. Bandes: I. Die Gase. — II. Der erste und zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. — III. Die Dämpfe. — IV. Strömende Bewegung der Gase und Dämpfe. — V. Anwendungen aus der Lehre von den Dämpfen und der Strömungslehre. — Va. Kälteerzeugung. — VI. Allgemeine Thermodynamik beliebiger Körper. — VII. Die nicht umkehrbaren Vorgänge. — VIII. Gemische aus zwei Stoffen. — Tafeln im Text. — Tafeln im Anhang.

Inhaltsübersicht des II. Bandes: I. Allgemeine Thermodynamik homogener Körper, insbesondere der wirklichen Gase und der überhitzten Dämpfe. — Ia. Nicht umkehrbare Vorgänge. — II. Der Übergang der Gase, überhitzten Dämpfe und Flüssigkeiten in den Sattdampf-Zustand und umgekehrt. — III. Thermodynamik chemischer Reaktionen. — IV. Ausgewählte Abschnitte aus verschiedenen Gebieten. — Kalorimetrie der Dampfmaschine. Entleerungszeit von Gefäßen ohne Zufluß. Strömung in zylindrischen Röhren. Verflüssigung der Gase. Der Kraftgas-Prozeß. Verbrennungsvorgänge. Die Gasturbine. Tafeln im Text. Anhang. Tafeln im Anhang.

Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen. Von **Hugo Güldner,**

Dr.-Ing. e. h. und Maschinenbaudirektor, Vorstand der Güldner-Motoren-Gesellschaft in Aschaffenburg. Dritte, neu bearbeitete und bedeutend erweiterte Auflage. Mit 1282 Textfiguren, 35 Konstruktions- tafeln und 200 Zahlentafeln (XX, 789 S.). Zweiter, unveränderter Neudruck. 1921. Geb. Preis M. 180.—

Inhaltsübersicht: I. Arbeitsverfahren und Arbeitsakte der Verbrennungskraftmaschinen. — II. Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen. — III. Die Brennstoffe der Verbrennungskraftanlagen. — IV. Die motorische Verbrennung. — V. Bauarten und Betriebszahlen von zeitgemäßen Verbrennungskraftanlagen. — Geschichtlicher Anhang: Stammarten der Verbrennungskraftmaschinen. — Theoretischer Anhang: Wärmemechanik und Wärmechemie. — Praktischer Anhang: Prüfungsregeln, Sicherheitsvorschriften u. dgl.

Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen.

Ein Lehr- und Handbuch für Studierende und Konstrukteure. Von Professor **Heinrich Dubbel,** Ingenieur. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 554 Textfiguren (VIII, 534 S.). 1921.

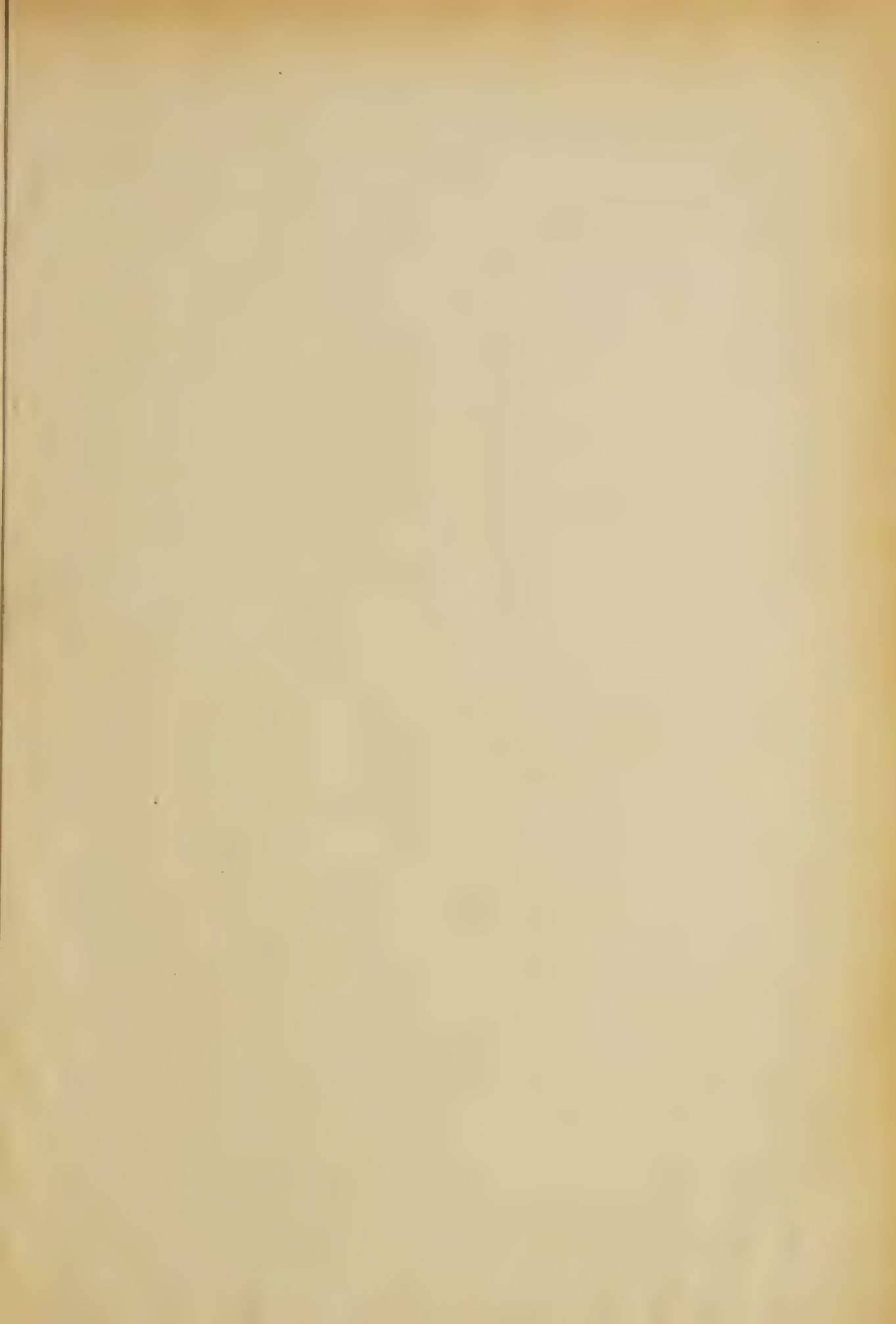
Gebunden Preis M. 62.—

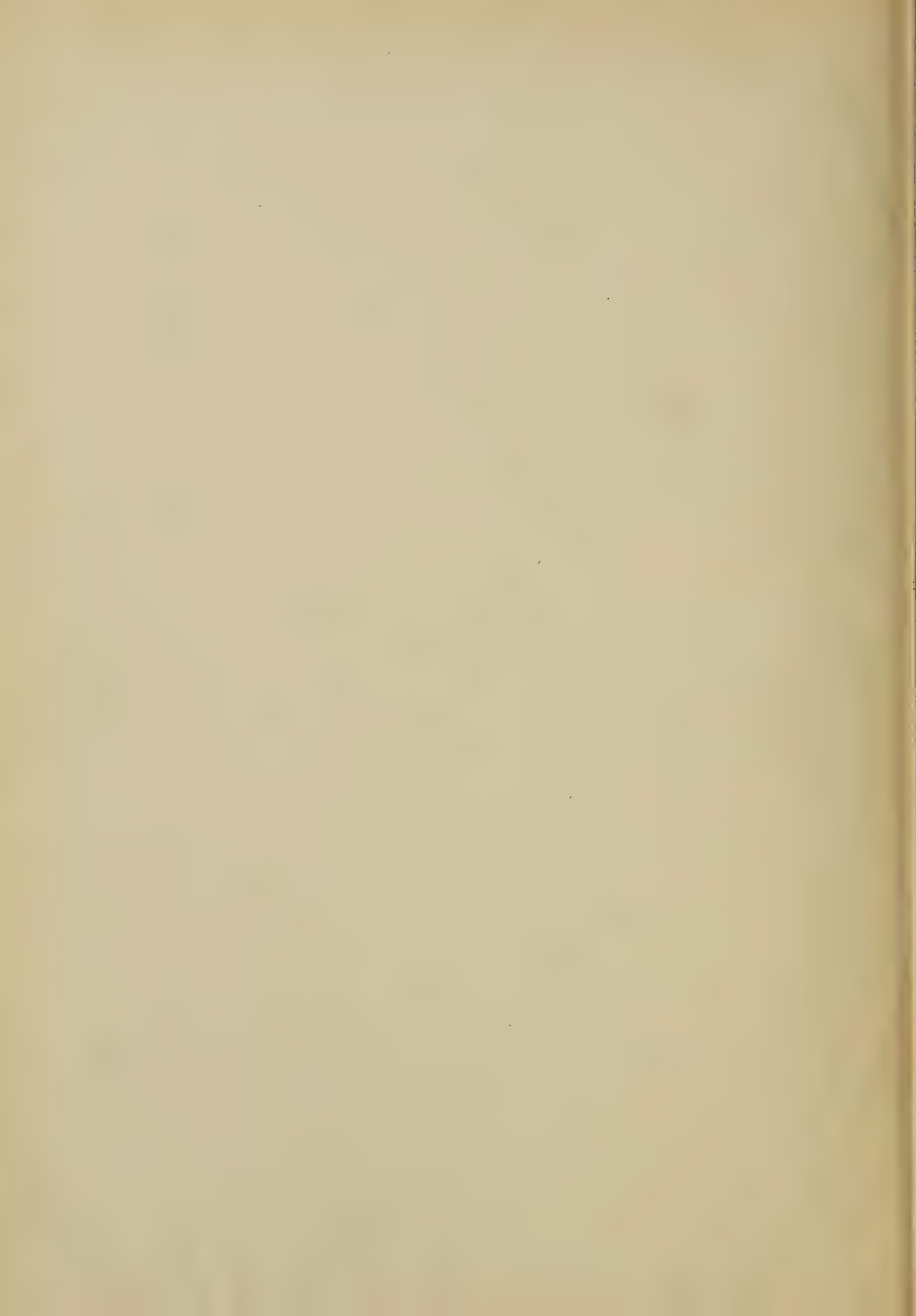
Inhaltsübersicht: A. Die Hauptsätze der Mechanik der Gase und Dämpfe. — B. Das Verhalten des Dampfes in der Dampfmaschine. — C. Die Steuerungen. — D. Die Mittel zur Verringerung des Wärmeaustausches. — E. Die Wirkung der Massen und des Schwungrades. — F. Die Regulierung. — G. Die Kondensation. — H. Die Dampfturbinen. — I. Verwertung von Abdampf und Zwischendampf. — K. Besondere Anordnungen. — L. Dampftabellen.

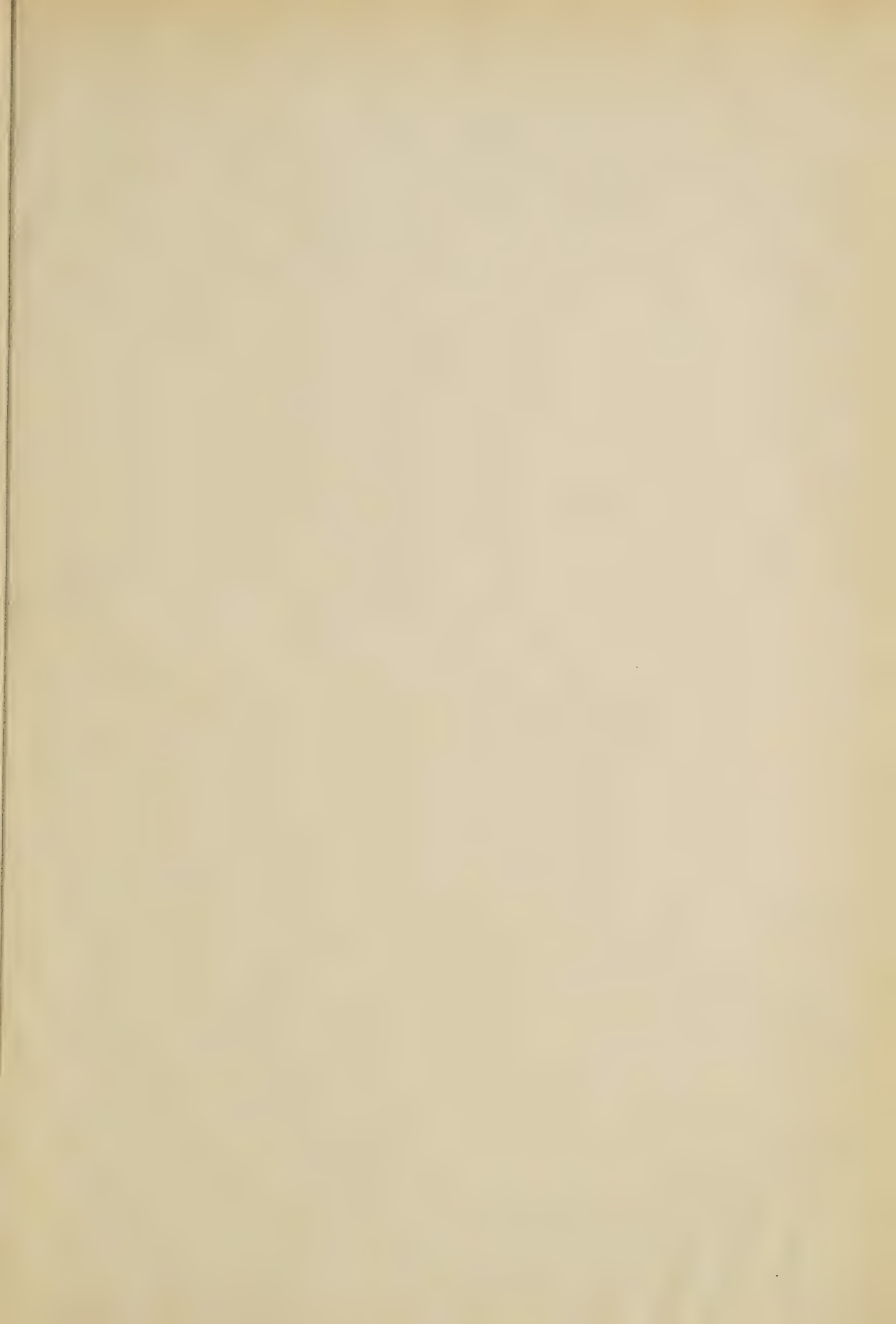
Konstruktion und Material im Bau von Dampfturbinen und Turbodynamos.

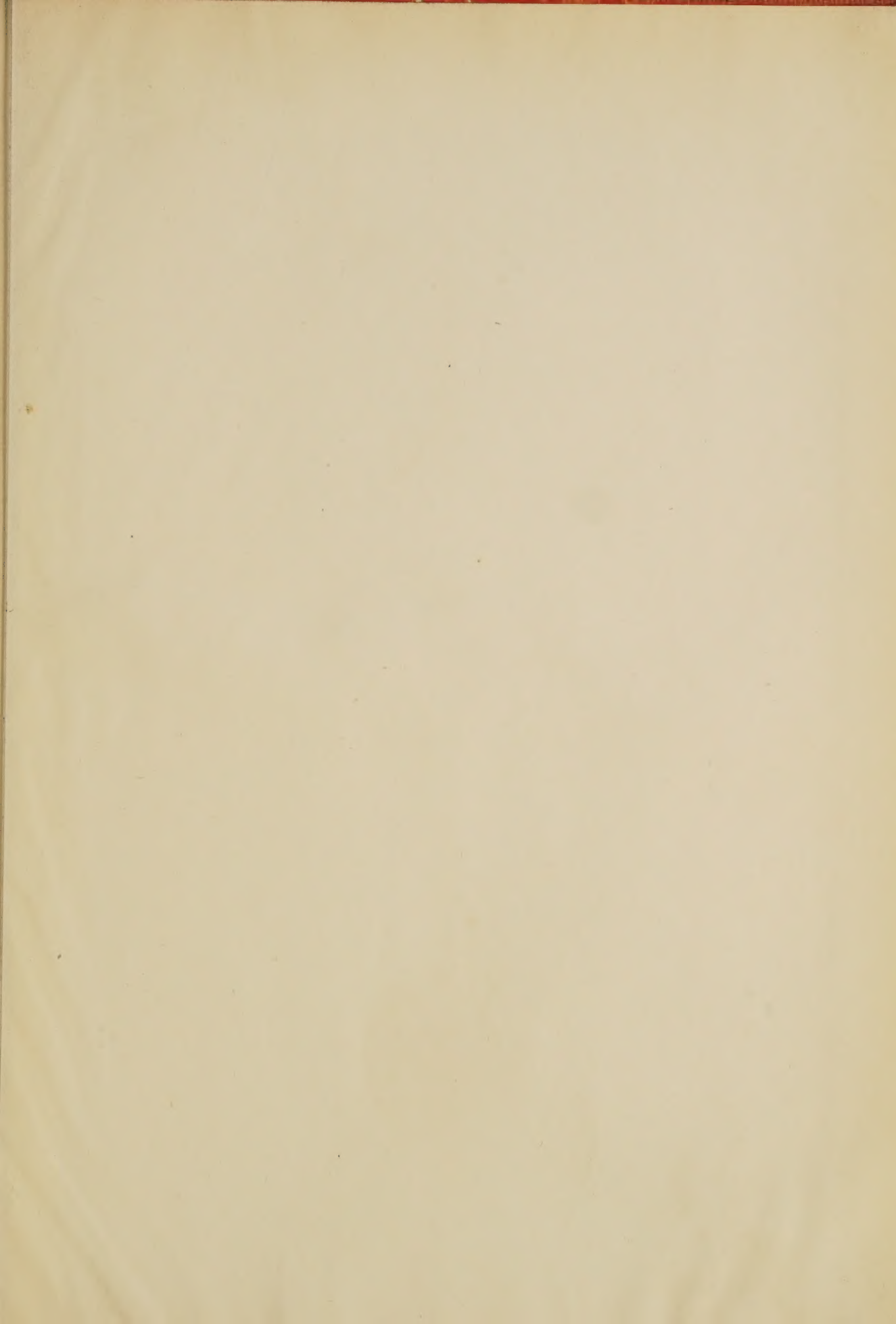
Von Dr.-Ing. **O. Lasche,** Direktor der Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft. Zweite Auflage. Mit 345 Textabbildungen (VI, 178 S.). 1921. Geb. Preis M. 70.—

Inhaltsübersicht: I. Die Dehnung und Festigkeit des Materials. — II. Die Kerbzähigkeit. — III. Dauerversuche. — IV. Die Radscheiben. — V. Die Turbinenschaufeln. — VI. Die Dynamo- rotoren. — VII. Anfrassungen an Kondensatorröhren. — VIII. Lager für Turbinen. — IX. Formgebung.











474	Die Naturwissens
N213	
vol. 9, 1921	
JAN 26 1935	<i>John D. Jacobs</i>
FEB 8 1936	<i>John D. Jacobs</i>
MAR 10 1941	<i>John D. Jacobs</i>
OCT 2 1941	<i>Exlibris Film</i>

000 9-2432



